

ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU
ŠUMARSKI ODSJEK
SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI STUDIJ
UZGAJANJE I UREĐIVANJE ŠUMA S LOVNIM GOSPODARENJEM

MARIO VLAHOVIČEK

ANALIZA PRIPREME STANIŠTA ZA POŠUMLJIVANJE

DIPLOMSKI RAD

ZAGREB, 2018.

ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU

ŠUMARSKI ODSJEK

ANALIZA PRIPREME STANIŠTA ZA POŠUMLJIVANJE

DIPLOMSKI RAD

Diplomski studij:	Uzgajanje i uređivanje šuma s lovnom gospodarenjem
Predmet:	ŠUMSKE MELIORACIJE KRŠA
Ispitno povjerenstvo:	1. Izv.prof.dr.sc. Damir Barčić 2. prof.dr.sc. Željko Španjol 3. prof.dr.sc. Dario Baričević
Student:	Mario Vlahoviček
JMBAG:	0067424820
Broj indeksa:	761/16
Datum odobrenja teme:	09.03.2018.
Datum predaje rada:	09.11.2018.
Datum obrane rada:	16.11.2018.

Zagreb, studeni, 2018.

Dokumentacijska kartica

Naslov	Analiza pripreme staništa za pošumljivanje
Title	Analysis of habitat preparation for reforestation
Autor	Mario Vlahoviček
Adresa autora	Veliki dol 42b
Mjesto izrade	Zagreb
Vrsta objave	Diplomski rad
Mentor	Izv.prof.dr.sc. Damir Barčić
Izradu rada pomogao	Izv.prof.dr.sc. Damir Barčić
Godina objave	2018
Obujam	Broj stranica: 41 Broj tablica: 7 Broj slika: 19 Broj navoda literature: 44
Ključne riječi	Šumske melioracije, borovi, sadnja,
Keywords	Forest amelioration, pines, planting
Sažetak	U melioracijskim radovima pošumljivanje u degradiranim stanišnim uvjetima zahtijeva iznimno velika ulaganja i neizvjestan ishod. Stoga će se u radu napraviti analiza potrebnih uvjeta za uspješno pošumljivanje te analiza troškova.

Izjavljujem da je ovaj diplomski rad izvorni rezultat mogega rada te da se u izradi njega nisam koristio drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni.

Mario Vlahoviček

U Zagrebu, 2. studenog 2018.

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. CILJEVI ISTRAŽIVANJA.....	2
3. MATERIJALI I METODE.....	2
4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA.....	3
4.1. Izbor mjesta za pošumljivanje.....	3
4.2. Izbor vrste.....	3
4.3. Izbor načina pošumljivanja.....	4
4.4. Izbor razdoblja pošumljivanja.....	5
4.5. Priprema tla za pošumljivanje.....	5
4.6. Rasadničarska proizvodnja.....	17
4.7. Rasadničarska proizvodnja u Hrvatskoj (Rasadnik Piket).....	23
5. UTJECAJ POŠUMLJIVANJA NA APSORPCIJU CO ₂	25
5.1. Smanjenje emisija i povećanje odliva stakleničkih plinova u Republici Hrvatskoj.....	27
6. ANALIZA TROŠKOVA POŠUMLJIVANJA.....	32
6.1. Analiza troškova pošumljivanja u Republici Hrvatskoj.....	34
7. ZAKLJUČAK.....	37
8. LITERATURA.....	38

POPIS SLIKA

Slika 1. Individualna žičana ograda za sadnicu	7
Slika 2. Plastično mrežasto skrovište	8
Slika 3. Plastično tvrdo skrovište	8
Slika 4. Ograde za pošumljivanje u grupama	9
Slika 5. Potpuno ograđivanje.....	10
Slika 6. Slikovni prikaz normalne strukture tla i zbijenog tla.....	13
Slika 7. Zbijeno tlo kojim je ograničen rast korijena.....	13
Slika 8. Zbijanje tla uzrokovano različitim pritiskom na površinski horizont tla.....	14
Slika 9. Rezultat sadnje u jame s primorskim borom, alepskim borom i hrastom crnikom.....	16
Slika 10. Rezultat sadnje u brazde s primorskim borom, alepskim borom i hrastom crnikom.....	16
Slika 11. Kontejner HIKO V 50/65.....	24
Slika 12. Kontejner HIKO V 120/40.....	24
Slika 13. Kontejner HIKO V 150/24.....	25
Slika 14. Prikaz ukupne emisije i odlivi CO ₂ u razdoblju od 1990.-2012. sa i bez uključenog LULUCF sektora.....	27
Slika 15. Prikaz emisije i odliva unutar LULUCF sektora po kategorijama u razdoblju od 1990. – 2012.	28
Slika 16. Prikaz emisije i odliva za aktivnosti pošumljivanja (AR) po članku 3.3 u periodu od 1990. – 2012. u Gg CO ₂ eq.....	29
Slika 17. Prikaz emisije i odliva za aktivnosti krčenja šuma (D) po članku 3.3 u periodu od 1990. – 2012. u Gg CO ₂ eq.....	30
Slika 18. Prikaz emisije i odliva za aktivnosti gospodarenja šumama (FM) po članku 3.4 u periodu od 1990. – 2012. u Gg CO ₂ eq.....	30
Slika 19. Grafički prikaz prirodnog povećanja površine šuma te povećanje sjetvom i sadnjom od 1990. – 2012. godine.....	31

POPIS TABLICA

Tablica 1. Prosječne visine biljaka običnog čempresa i njihov postotak preživljavanja po vrsti kontejnera i načinu sadnje u prvih 5 godina	21
Tablica 2. Prikaz srednje vrijednosti visina i promjera jednogodišnjih biljaka	22
Tablica 3. Prikaz dosadašnjih povećanja šumskih površina od 1990. – 2012. kao i projekcije prema 3 scenarija.....	32
Tablica 4. Troškovi konverzije listačama na kršu sadnjom sadnica uz ograđivanje zaštitnom ogradom.....	35
Tablica 5. Troškovi konverzije listačama na kršu sadnjom sadnica uz štitnike.....	35
Tablica 6. Troškovi konverzije četinjačama na kršu sadnjom sadnica uz ograđivanje zaštitnom ogradom.....	36
Tablica 7. Troškovi konverzije četinjačama na kršu sadnjom sadnica uz štitnike.....	36

1. UVOD

Pošumljivanje je umjetno podizanje šuma sadnjom sadnica ili sjetvom sjemena na površine koje su duži niz godina bez šume. Radovima na pošumljivanju osnivamo šume koje prema načinu podizanja i gospodarenja nazivamo šumskim kulturama, intenzivnim kulturama i šumskim plantažama. Pripremni radovi kod pošumljivanja se sastoje od nekoliko koraka od kojih prvo odabiremo prikladne površine za pošumljivanje, zatim se radi izbor drveća za pošumljivanje odabranih površina te izabire način pošumljivanja nakon čega odabiremo vrijeme pošumljivanja. Potom se kreće u pripremu tla za pošumljivanje i određivanje prostornog rasporeda i međusobnog razmaka biljaka i redova. Od povijesnog pregleda prva šumarska ustanova u Trstu započela je sustavne radove u šumarstvu krša cijelog obalnog i priobalnog područja. Pri tome je važno naglasiti da je navedena ustanova prva uspješno razriješila tehniku pošumljivanja koja se nakon toga počela primjenjivati i na ostala područja krša. Takvih sličnih ustanova na drugim dijelovima Jadrana nije bilo sve do 1878. godine kada je u Senju osnovana druga posebna šumarska ustanova („Kraljevsko nadzorništvo za pošumljenje krasa krajiškog područja – Inspektorata za pošumljivanje krševa, goleti i uređenje bujica u Senju“), odnosno prva na području naše zemlje. Bio je to važan događaj u krškom šumarstvu naše zemlje, ali i u cijelom životu ovih pasivnih krajeva na periferiji Vojne krajine. Prvo pošumljivanje ostvareno je u branjevini „Senjska draga I“ 1869. godine na 18,31 ha, a sljedeće, 1870. godine, u branjevini „Vrški“ na samo 0,50 ha. Zbog neuspjelih radova pošumljivanja dolazi do njihova prekida koji će potrajati sve do osnutka Nadzorništva 1878. godine. Posebna senjska krška ustanova prostirala se na 51.777 ha, gdje je osnovala 95 predjela kultura-branjovina na 10.097 ha. U tim predjelima pošumljeno je 1.738 ha i popunjeno 1.441 ha te prirodno pomlađeno 7.435 ha. U vlastitim rasadnicima proizvedeno je 82,724.368 komada sadnica najvećim dijelom za vlastite potrebe, ali i za pošumljivanje diljem zemlje. Osim pošumljivanja, kao glavne vrste radova, izvodili su se mnogi uzgojni i tehnički radovi manjeg intenziteta. Za ostvarenje 25 različitih vrsta radova i plaće osoblja je utrošeno 33,027.000 tadašnjih dinara. U prvom redu, pošumljivanje je bila potreba za osnivanjem velikih šumskih površina koje će biti namijenjene gospodarskim zahvatima budućim generacijama ili je namjena bila isključivo zaštitna

kao što je zaštita od erozije tla. Općekorisne funkcije šuma su se u novije vrijeme počele proširivati razvojem ljudske svijesti i tehnologija pa je tako šuma polagano dobila i novu funkciju u kojoj ima veliku ulogu u zadržavanju/smanjenju emisije stakleničkih plinova o čemu će biti više govora kasnije u radu.

2. CILJEVI ISTRAŽIVANJA

Cilj istraživanja ovog rada je analiza pripreme staništa kroz pregled pošumljivanja. Samo pošumljivanje je financijski zahtjevan i odgovoran posao u kojem je cilj osnovati novu šumsku kulturu kroz niz metoda te bioloških i tehničkih melioracijskih radova. Kako svi ti postupci zahtijevaju velika ulaganja koja mogu završiti neizvjesnim ishodom važno je detaljno sagledati sve te aspekte kako bi uspjeh pošumljivanja bio što veći te, po mogućnosti financijski isplativ. Uz sve postupke pošumljivanja u radu će biti prikazan i uvid u troškove kao bitan faktor pri donošenju odluka o pošumljivanju. Prikazati će se rezultati pošumljivanja te mogući utjecaj na klimatske uvjete i kritički osvrt.

3. MATERIJALI I METODE

U radu su korištene metode analize, metode sinteze i metode kompilacije. Sukladno zakonskoj regulativi (pravilnici, šumskogospodarska osnova gospodarenja) analizirano je i interpretirano istraživano područje.

4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

4.1. IZBOR MJESTA ZA POŠUMLJIVANJE

Prvi korak u pošumljivanju se svakako svodi na procjenu terena prije samog planiranja pošumljivanja. Jedan od osnovnih kriterija procjene je dubina tla. Za uspješno učvršćivanje sadnica u tlo potrebna je dubina od minimalno 40 cm. Svrha pošumljivanja je vraćanje prijašnje šume koja je bila uništena sječom ili od strane šumskih požara te nije bila u mogućnosti samoobnove. Bitno je zato uvidjeti pojavu mladog naraštaja autohtone vrste jer u tom slučaju pošumljivanje nije potrebno ili može čak naštetiti razvoju mladog naraštaja. Pošumljivanje je s toga preporučljivo izričito na golim površinama ili površinama obraslim invazivnim vrstama kako bi se povratio ekosustav. Zemljišta s velikim udjelom kamenja mogu dovesti do otežanog pa čak i onemogućenog pošumljivanja zbog čega treba pristupiti dodatnoj obradi tla o čemu će više biti govora u istoimenom poglavlju. Pod ostalu procjenu terena definira se visina, ekspozicija, tekstura i tip tla te nagib koji ograničava korištenje mehanizacije. Bitna je i sama dostupnost mjestu za pošumljivanje. Mnoga degradirana mjesta i mjesta planirana za pošumljivanje su teško dostupna i zahtijevaju dodatni transport radne snage ili izgradnju posebnih priključnih cesta koje bi trebale biti što prirodnije kako bi se smanjilo oštećenje tla, trošak istog te kako bi se tom tlu što prije mogla povratiti proizvodna funkcija (Lebanon Deforestation Initiative (LRI): A guide to reforestation best practices, 2014).

4.2. IZBOR VRSTE

Pošumljivanje se u nas uglavnom provodi na području krša. Ono je u sklopu mediteranskih šuma, a obilježava ga u eumediteranu hrast crnika (*Quercus ilex*) dok u submediteranu glavnu ulogu ima hrast medunac (*Quercus pubescens*). Uz navedene bjelogorične vrste drveća, na tim područjima pridolaze dvije temeljne vrste crnogorice i to alepski bor (*Pinus halepensis*) u eumediteranu i crni bor (*Pinus nigra*) u submediteranu. Borovi, osim svoje gospodarske i općekorisne funkcije, imaju pionirsku ulogu u progresivnoj sukcesiji šumske vegetacije. Osim alepskog i crnog bora u mediteranskim šumama pridolaze i crnogorične autohtone i alohtone vrste drveća kao

što su brucijski bor (*Pinus brutia*), primorski bor (*Pinus pinaster*), pinj (*Pinus pinea*), cedrovi (*Cedrus sp.*) i obični ili mediteranski čempres (*Cupressus sempervirens*). Uspijevanje šume i koristi koje će buduća šuma dati ovise o dobrom izboru vrste drveća. Vrste moraju imati široku ekološku valenciju što znači da imaju takva svojstva da će tijekom jedne ili eventualno dvije ophodnje stvoriti uvjete za povratak elemenata autohtone klimatogene vegetacije na novonastalom šumskom tlu. Ekološki čimbenici koji će djelovati posredno na šumsko drveće su klima, geološka podloga, tlo, reljef te utjecaj čovjeka i živog svijeta. Neposredni ekološki čimbenici koji djeluju na šumsko drveće i grmlje kao što su voda, toplina, svjetlo, kemijski sastav tla i atmosfera ovisni su o svim posrednim ekološkim čimbenicima. Svi ti podaci daju nam jasnu sliku vrsta koje mogu doći u postupak pošumljivanja kao što je na prvom mjestu od crnogorice alepski bor (*Pinus halepensis*), brucijski bor (*Pinus brutia*), zatim crni bor (*Pinus nigra*), primorski bor (*Pinus pinaster*), pinj (*Pinus pinea*), atlaski, libanonski i himalajski cedar (*Cedrus sp.*), obični ili mediteranski čempres (*Cupressus sempervirens*) i arizonski čempres (*Cupressus arizonica*). Od bjelogoričnih vrsta koje dolaze u obzir za pošumljivanje su crni jasen (*Fraxinus ornus*), koprivić (*Celtis australis*), bjelograbić (*Ostrya carpinifolia*), rašeljka (*Prunus mahaleb*), rogač (*Ceratonia siliqua*) (Matić i sur., 1997).

4.3. IZBOR NAČINA POŠUMLJIVANJA

Pošumljivanje se može voditi na dva načina; sjetvom sjemena ili sadnjom sadnica. Sam izbor ovisi o biološkim svojstvima i ekološkim zahtjevima vrste drveća koje se planira saditi, klimatskim prilikama na području pošumljivanja, fizikalnim i kemijskim značajkama tla, mogućnostima nabave sjemena i sadnica, postavljenom cilju proizvodnje i samoj namjeni šumske kulture. Osim toga, bitan je i uvid u troškove proizvodnje ili nabave sjemena i sadnica. Uz sadnju, na području Mediterana je preporučljiva i sjetva sjemena uz odgovarajuću pripremu staništa posebno zbog neravnomjernog rasporeda oborina koje su najčešće u zimi i jesen, a djelomično i u proljeće. Sadnja se obavlja biljkama golog ili obloženog korijena gdje se biljke golog korijena sade isključivo za vrijeme mirovanja vegetacije. Biljke koje se sade na području Mediterana moraju se saditi na temelju postavki sadnje tog dijela Hrvatske što se odnosi na malčiranje, kopanje jama te zaštite od vjetrova, posolice ili isparavanja.

Jako je bitno ovdje za naglasiti činjenicu da je sjetva sjemena jeftiniji oblik pošumljivanja, a sadnja biljaka učinkovitija (Matić i sur., 1997).

4.4. IZBOR RAZDOBLJA POŠUMLJIVANJA

Vrijeme za sadnju je definirano kao vremenski period u kojem su ostvareni takvi uvjeti okoline koji najviše pogoduju preživljavanju i rastu biljaka. Početak i kraj sadnje najviše su definirani vlagom tla i temperaturom. Idealno, potencijal vlage u tlu na dubini od 25 cm trebao bi biti veći od -0,1 MPa u vrijeme sadnje. Osim toga, temperatura tla ispod 5°C zaustavlja rast korijena pa je s toga idealna temperatura za rast korijena između 5 i 20°C (Mitchell i sur. 1990). Za razliku od kontinenta (gdje temperaturne razlike lako određuju trajanje i prestanak vegetacijskog razdoblja) na području Mediterana znatno je teže odrediti sadnju biljaka golog korijena. Takve se biljke sade u jesen i proljeće. Sadržaj u jesen i zimi omogućava iskorištavanje pogodnih i obilnih padalina te povoljnih temperatura u tlu i iznad tla. Za sadnju biljaka obloženog korijena vodi se jesenska, zimska i proljetna sadnja, a u iznimnim slučajevima uz prisutnost povoljnih stanišnih uvjeta na terenu može se provoditi i ljetna sadnja. Sjetva sjemena se obavlja u jesen. Razlog tome je što se omogućuje dublje zakorjenjivanje i veću otpornost na ljetne suše jer ponik klije i stabilizira se tokom jeseni, zime i proljeća (LRI, A guide to reforestation best practices, 2014)

4.5. PRIPREMA TLA ZA POŠUMLJIVANJE

Priprema tla podrazumijeva sve fizičke aktivnosti koje se vode na području koje se planira pošumiti prije same sadnje kako bi se povećala uspješnost pošumljivanja i sama brzina pošumljivanja (LRI, A guide to reforestation best practices, 2014).

Neki od tih postupaka su:

- a. Izgradnja ili poboljšanje pristupa mjestu pošumljivanja
- b. Zaštita mjesta pošumljivanja
- c. Postavljanje adekvatnog sustava navodnjavanja
- d. Obrada tla

a) Izgradnja ili poboljšanje pristupa mjestu pošumljivanja

Pristupne ceste i putovi su jako važan faktor za vrijeme sadnje i kasnijeg procesa održavanja i uređenja. Putovi, koji mogu biti i ograđeni, služe u formiranju protupožarnih šumskih cesta ili kao sam pristup protupožarnim vozilima. To uglavnom mogu biti zemljane ceste (uz nasuti kameni agregat) koje zahtijevaju redovito održavanje nakon svakog zimskog perioda dok izgradnja novih pristupnih cesta mora biti izvršena nakon obavljene studije utjecaja na okoliš (LRI, A guide to reforestation best practices, 2014).

b) Zaštita mjesta pošumljivanja

Potencijalne prijetnje novoosnovanoj kulturi potrebno je definirati još u fazi planiranja. Donošenje preventivnih mjera temelji se na konzultaciji s lokalnim stanovništvom i pristupačnosti resursima. Jedan od glavnih problema, zbog čega je potrebna zaštita je brst stoke i divljači. U slučaju brsta stoke, idealan je dogovor s lokalnim stanovništvom dok alternativa može biti oblik zabrane ispaše na tom području. Lovom se regulira brojno stanje divljači do te razine u kojem ono ne može naštetiti mladom naraštaju, a u slučaju loše provedbe lovnogospodarskih postupaka ili razloga neke druge prirode može se pristupiti ograđivanju mjesta za pošumljivanje. Izgradnja ograde veliki je financijski pothvat koji se mora uzeti u obzir za izgradnju u dogovoru s lokalnim stanovništvom.

Ograđivanje se može izvesti na nekoliko načina (LRI, A guide to reforestation best practices, 2014):

1. Ograđivanje individualnih sadnica

Svaka sadnica se ograđuje zasebno metalnom žičanom ogradom koja se učvršćuje željeznim šipkama. Prednosti su ove ograde što se može prilagoditi veličini rastuće sadnice, višestruko koristiti, ona štiti sadnicu bez da ograniči kretanje divljači i stoke te smanjuje rizik od požara tako što omogućava životinjama brst trave i vegetacije između biljaka. Nedostaci su što je cijena svake zasebne ograde puno veća nego ograđivanje cijelog područja pošumljivanja, potrebno je puno više vrijeme postavljanja te je ogradu potrebno postaviti odmah za vrijeme sadnje. U kombinaciji s postavljenom drenažom povećava se rizik od oštećenja sustava dreniranja od strane divljači i stoke.



Slika 1. Individualna žičana ograda za sadnicu (Phillips i sur., 2007)

2. Plastično mrežasto/tvrdo skrovište

Plastično mrežasto/tvrdo skrovište je oblik zaštite za individualnu sadnicu koji se može nabaviti od internacionalnih kompanija. Dolazi u različitim veličinama, ali rijetko kada može izdržati nekoliko godina rasta sadnice. Učvršćeno je željeznim ili drvenim kolcima. Prednosti su slične kao i u individualnim zaštitnim ogradama.



Slika 2. Plastično mrežasto skrovište (Phillips i sur., 2007)

Testiranja od strane Libanonske inicijative za pošumljivanje (*Lebanon Reforestation Initiative*, LRI) pokazuju veliku učinkovitost protiv sitne divljači, divljih svinja i ovaca. Nedostaci su prvenstveno u fiksnoj konstrukciji (može izazvati poteškoće u razvoju sadnice), načinjeno je od plastike (smatra se zagađivačem u prirodnim sustavima), visoke je cijene, zahtijeva više vremena za postavljanje, drveni kolci mogu biti uklonjeni ili oštećeni od strane divljači i stoke te je zbog svoje uske konstrukcije otežano uklanjanje korova koje raste do sadnice (LRI, *A guide to reforestation best practices*, 2014).



Slika 3. Plastično tvrdo skrovište (Phillips i sur., 2007)

3. Ograde za pošumljivanje u grupama (klasterima)

Umjesto cijelog područja pošumljivanja ove ograde zahvaćaju manja područja unutar kojih je napravljena sadnja sadnica veće gustoće. Prednosti su im što omogućavaju brst životinja između ograđenih područja (rezultat toga je ujedno i stvaranje protupožarnih prosjeka između grupa), čuvaju bioraznolikost između svih ograđenih područja, ne utječu na rast sadnica i grananje te kontrola korova. Nedostaci su visoka cijena postavljanja ograde i formiranje grupimične strukture (LRI, A guide to reforestation best practices, 2014).



Slika 4. Ograde za pošumljivanje u grupama (LRI, A guide to reforestation best practices, 2014)

4. Potpuno ograđivanje

Sastoji se od izgradnje metalne ograde oko cijelog područja pošumljivanja. Prednosti su što se oko čitavog mjesta može obnoviti bioraznolikost, cijelo područje zaštićeno je od brsta i utjecaja ljudi, štiti sustav navodnjavanja na mjestu pošumljivanja te može biti najjeftiniji oblik zaštite (ovisno o materijalu koji se koristi u izgradnji). Također, najlakše se postavlja i ne utječe na rast i razvoj sadnice te grananje. Nedostaci su što se time ograničava kretanje lokalnog stanovništva i stoke, povećava se opasnost od požara akumuliranjem biomase što zahtijeva dodatne radove. (LRI, A guide to reforestation best practices, 2014).



Slika 5. Potpuno ograđivanje (LRI, A guide to reforestation best practices, 2014)

Svi navedeni tipovi ograda mogu smanjiti utjecaj čovjeka na način da mu se onemogući kretanje ili se vrši upozorenje na novoposađeno mjesto. Utjecaj snijega, pogotovo na lokacijama gdje visina snijega može biti veća od 1,5 m, može rezultirati prekrivanjem ograda. Šumski požari su još jedna ozbiljna prijetnja. Kombinacija individualnog ili grupimičnog ograđivanja može rezultirati u formiranju protupožarnih prosjeka koje smanjuju opasnost od širenja požara dok je u potpuno ograđenom sustavu opasnost od požara povećana zbog velike količine korovske i grmolike vegetacije. Jedna od metoda bila bi stvaranje protupožarnih prosjeka već pri samoj fazi pripreme koja limitira širenje vatre u slučaju njene pojave. Uklanjanje korovske vegetacije prije same sadnje omogućava, osim smanjenja opasnosti od požara, preživljavanje i samih biljaka. Doduše, ovo se mora vršiti u skladu s ekološkim zahtjevima vrste koja se sadi. U slučaju heliofita, uklanja se sva moguća korovska i grmolika vegetacija kako bi se omogućilo dovoljno svjetla za rast i razvoj biljke. U slučaju skiofita, grmolika vegetacija može poslužiti za održavanje sjene i vlage dok mlade biljke ne ojačaju (LRI, A guide to reforestation best practices, 2014).

c) Postavljanje adekvatnog sustava navodnjavanja

Ako se zaključi, u dogovoru sa stručnjakom, može se uvesti sustav navodnjavanja na pošumljene površine. Prije same izgradnje sustava navodnjavanja na karti se određuje izvor vode, lokacija vodnih spremnika i sustava cijevi. To je važno

iz razloga što ta područja neće biti podvrgnuta pošumljivanju, ovisno je o logistici sadnje naspram izvora vode te postavljanje sustava mora biti dovoljno nisko ispod spremnika kako bi se maksimizirao vodeni pritisak. Na nižim nadmorskim visinama sustav navodnjavanja postavlja se prije sadnje kako bi se izbjegla buduća kašnjenja u navodnjavanju te kako bi se osiguralo da su sve sadnice posađene na mjestima koja se mogu navodnjavati. Na višim nadmorskim visinama, postavljanje navodnjavanja prije ili za vrijeme sadnje može smanjiti rok trajanja sustava zbog izlaganja oštrim vremenskim uvjetima prije same upotrebe pa je cijeli sustav preporučljivo postavljati nakon otapanja snijega. Dva su sustava navodnjavanja koji variraju ovisno u cijeni, kompleksnosti i efikasnosti (LRI, A guide to reforestation best practices, 2014).

1. Navodnjavanje kapanjem

Sustav se sastoji od vodenih spremnika postavljenih na najviše točke mjesta pošumljivanja, glavnih i sporednih cijevi te mlaznica za kapanje po sadnici. Ventili za kompenzaciju tlaka reguliraju pritisak s padine. Prosječna cijena koštanja po sadnici je 3,37 \$ (~21,80 HRK). Prednosti su u većoj sigurnosti pristupa svim sadnicama, brzo je, čuva vodu i zahtijeva manje ljudske snage. Mane ovog sustava su što teže postiže jači pritisak za sve sekcije u brdovitom području, visoke je cijene i zahtijeva stalno održavanje (LRI, A guide to reforestation best practices, 2014).

2. Ručno navodnjavanje

Sustav je sastavljen od spremnika s vodom postavljenih na najviše točke mjesta pošumljivanja. Na slavine se spajaju cijevi za navodnjavanje kojima se onda ručno navodnjava svaka pojedina sadnica. Prosječna cijena koštanja po sadnici je 1,00 \$ (~6,47 HRK). Za razliku od navodnjavanja kapanjem prednosti su u manjoj cijeni te je održavanje sustava smanjeno. Negativne strane su što uzima više vremena od sustava kapanja, zahtijeva više radne snage, radnicima može promaknuti pokoja sadnica pri zalijevanju i troši puno više vode nego je potrebno (LRI, A guide to reforestation best practices, 2014).

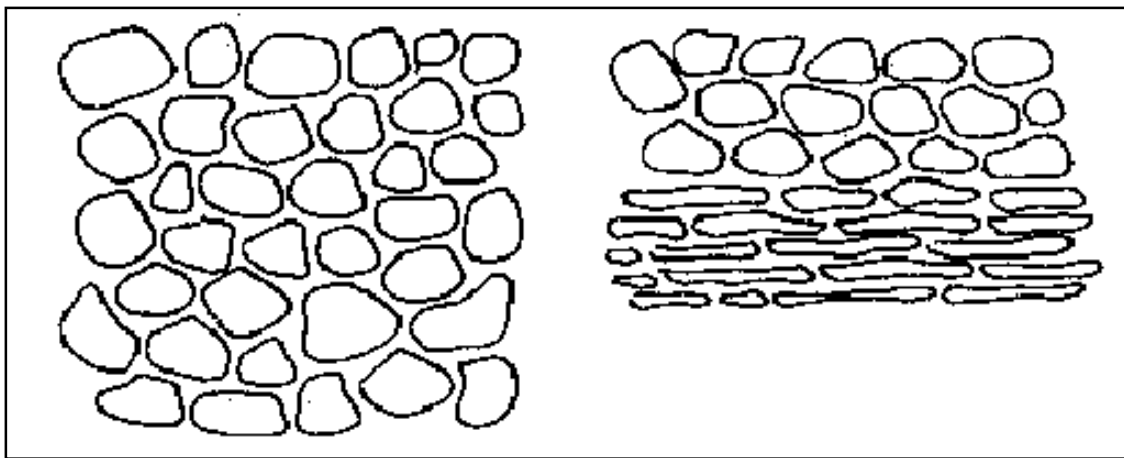
d) Obrada tla

Obrada tla za potrebe pošumljivanja predstavlja svaki mehanički zahvat u pedosferi s ciljem stvaranja antropogenog (kulturnog) sloja tla, postizanje povoljnih vodozračnih odnosa i za biljku povoljnih mikroklimatskih uvjeta (akumulacija, konzervacija i odvodnja) te pozitivnog utjecaja na fizikalni, kemijski i biološki kompleks tla (Barčić i sur., 2012). Podrivanje tla kao metoda može se uspješno primijeniti u pripremi staništa za pošumljivanje na vrlo teškim terenima krša i u nepovoljnim klimatskim uvjetima. Tla na kršu mogu se podijeliti u pet kategorija prema Piškoriću (1960) i Martinoviću (2003) uvažavajući obilježja terena na kršu i pogodnosti tla za pošumljivanje:

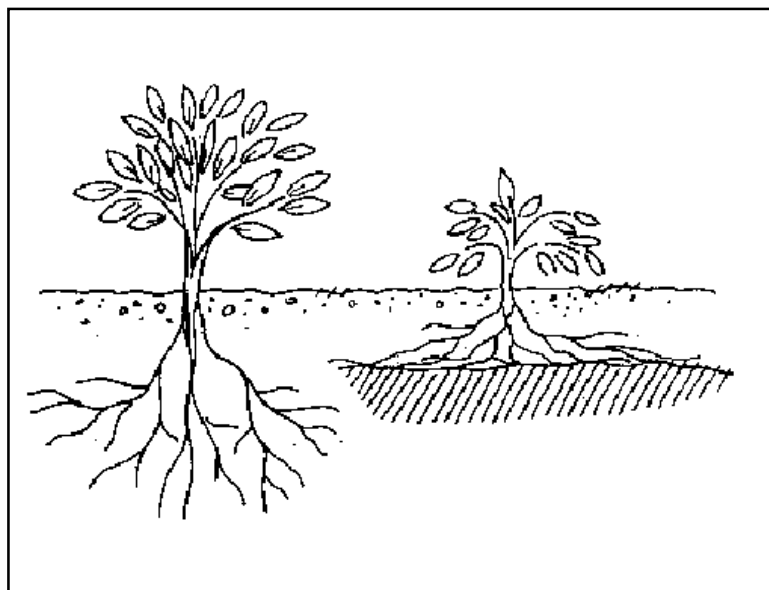
- I. Tlo više od 90 cm duboko, sipko, tlo dobro drenirano i vrlo dobro opskrbljeno hranivima, lako obradivo. Stjenovitost neznatna (od 0 do 10%) i okomito položene stijene, nema kamenitosti. Nagib terena do 20% s neznatnim rizikom od erozije.
- II. Tlo dubine od 60 do 90 cm, dobro drenirano, dobro opskrbljeno hranivima. Gornji sloj zbijen i prožet jačim korijenovim sustavom trave. Stjenovitost do 20% s okomito i koso položenim stijenama, a kamenitost do 10%. Nagib terena od 21 do 30% s neznatnim rizikom od erozije.
- III. Dubina tla od 40 do 60 cm, dreniranost nepotpuna (ponešto ekscesivno), umjereno opskrbljena hranivima. Matična stijena izbija mjestimično na površinu gdje se radi o koso položenim uslojenim stijenama, stjenovitost od 21 do 40%, a kamenitost od 10 do 30%. U tlu se nalazi krupno kamenje koje treba vaditi ili je tlo sa sitnijim, jače zbijenim kamenim materijalom. Nagib terena od 31 do 40% sa slabim rizikom erozije.
- IV. Dubina tla od 20 do 40 cm, ekscesivno ili slabo drenirano, siromašno hranivima. Prisutna je jaka stjenovitost do 40%, a radi se o terenima s jačim udjelom matične stijene na površini, vodoravno položenim stijenama i jače kamenitosti u tlu od 31 do 50 %. Potrebno je ukloniti kamenje i pri sadnji biljaka mora se donositi dodatna zemlja. Nagib terena od 41 do 50% s umjerenim rizikom od erozije.
- V. Tlo je dubine do 20 cm, vrlo ekscesivno ili vrlo slabo drenirano, vrlo siromašno hranivima. Prisutna je krajnja stjenovitost iznad 60%. Teren je s jakim udjelom matične stijene na površini te pločastim i kompaktnim

vodoravno položenim stijenama uz krajnju kamenitost preko 40%. Zemlja se mora donositi pri klasičnom radu na pošumljivanju. Nagib terena je preko 50% s visokim rizikom od erozije.

Na krškim terenima I., II., III. i djelomično IV. kategorije uspješno se može primijeniti metoda podrivanja. Podrivi u tlu izvode se od 50 do 100 cm dubine što ovisi o terenu i snazi stroja kojim obavljamo podrivanje. Podrivane površine služe za akumulaciju vlage koja se kumulira za vrijeme kiša i njeno zadržavanje za sušni ljetni period što biljkama omogućava život i razvoj. Na podrivanom terenu korijenski sistem biljke brzo prodire u dublje horizonte tla, što izaziva i brži visinski prirast.

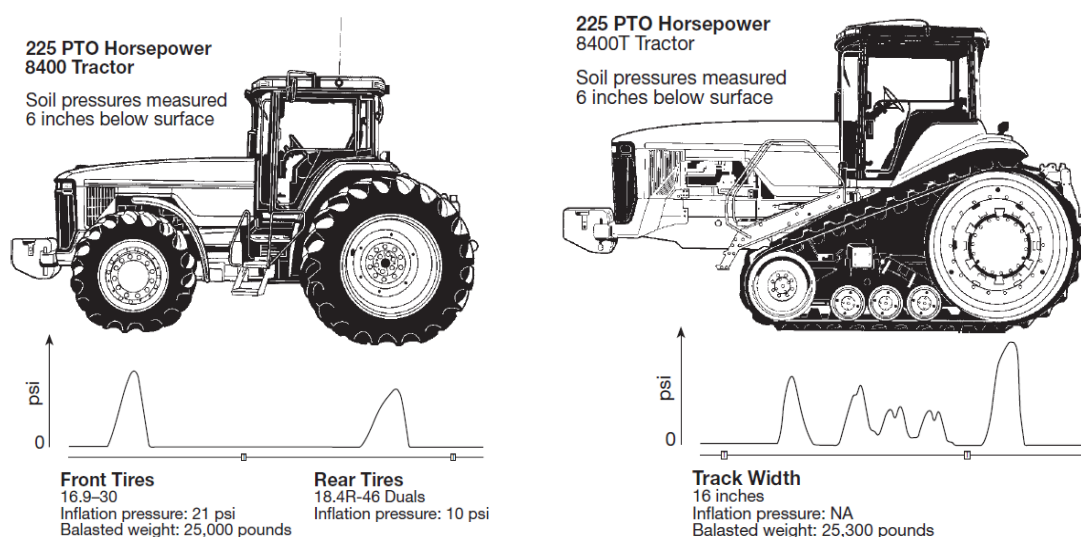


Slika 6. Slikovni prikaz normalne strukture tla (lijevo) i zbijenog tla (desno)



Slika 7. Zbijeno tlo kojim je ograničen rast korijena (desno)

Izbor dozera ili traktora za obavljanje radova je bitan i radi mogućeg zbijanja tla (Slika 8. i 9.). Zbijanje tla i promjene u tlu mogu nepovoljno utjecati na rast i razvoj biljaka gdje veliku ulogu ima sam tip tla. Dozeri su podijeljeni prema masi od 10 do 30 tona i prema snazi motora od 75 do 250 kW i više na lake, srednje, teške i vrlo teške (Pičman, 2007)



Slika 8. Zbijanje tla uzrokovano različitim pritiskom na površinski horizont tla
(Preuzeto: Barčić i sur., 2012)

Učinjena su i razna istraživanja o korištenju podrivanja u pošumljivanju:

1. Istraživanje Sadrasa (2012) i njegovih kolega u sjevernom Mallee, Victoria, Australija bilježe veće prinose u pšenici do 40% kao rezultat podrivanja na ilovastim tlima koja ne sadrže natrij.

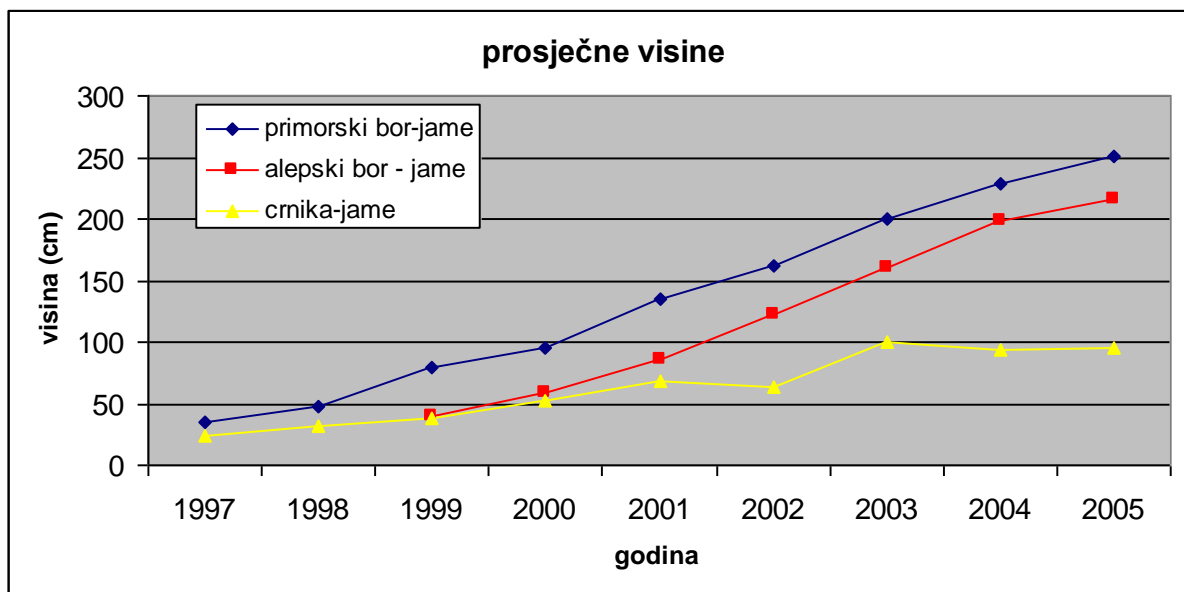
2. Drugo istraživanje u zapadnom dijelu Australije (Hamza i Anderson, 2003) pokazuju povećanje prihoda za 25% u pšenici i 30% u slanutku gdje je bila izvršena obrada tla podrivanjem u odnosu na neobrađivana tla lakše teksture. Dakako, na disperzivnim tlima bogatim natrijem, podrivanje nema značajni dugoročni efekt osim ako se struktura tla nije simultano stabilizirala melioracijom (dodavanjem kalcija ili organske tvari). Napredovanje u razvoju strojeva moglo bi dovesti do određenog mehaničkog rješenja koje bi za vrijeme obrade tla bilo u mogućnosti ubrizgivati potrebne meliorante što bi moglo povećati učinkovitost ovoga pristupa. Iako podrivanje može povećati infiltraciju vode u tlo, također može uništiti sakupljeno tlo i makropore

te dovesti podzemni sloj bogat natrijem na površinu što može rezultirati slabim održavanjem usjeva kao i trošenje organske tvari na površini.

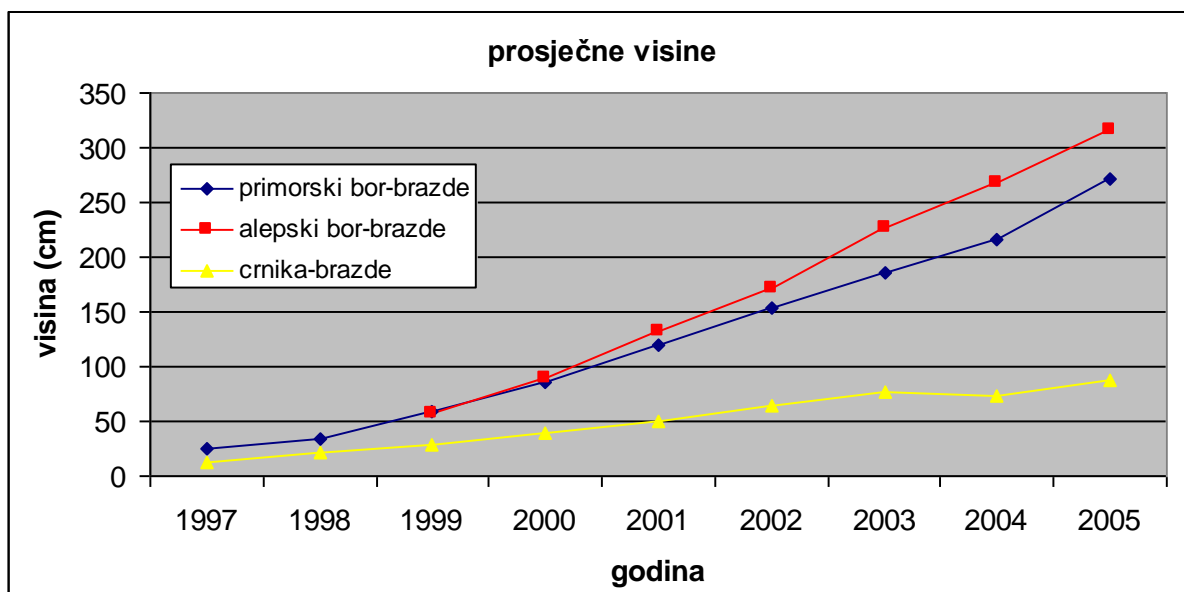
3. Jayawardane i Chan (1994) istražuju utjecaj količine vode u tlu na podrivanje. Primarni cilj dubokog kopanja trebao bi biti minimiziranje vuča. Ako su tla previše suha, povećava se i vuča što odmah rezultira i povećanom potrošnjom goriva. Podrivanje jako suhog tla može rezultirati iskapanjem velikih grumena tla na površinu. Suprotno tome, ako je tlo previše mokro može doći do smrzavanja. Podrivanje je najučinkovitije na pješčanim tlima, a najmanje učinkovito na teškim glinenim tlima. Autori su također recenzirali nekoliko opcija uključujući i duboko kopanje s melioracijom donjeg sloja tla visokog saliniteta. Zaključak je bio da je melioracija podzemnog sloja izričito skupa, varijabilnog je učinka i neekonomična za slična tla. Ako taj tip tla ima slabu propusnost, neće doći do izmjene natrija s kalcijem što može rezultirati neuspješnim melioracijskim postupkom. Nekoliko oblika zubaca se uspješno koristilo u dubokom kopanju uključujući „krilati“ oblik (Spoor i Godwin, 1978), plitki zupci ispred dubokih zubaca, „paraplug“ kao i više tradicionalni zupci s ravnim držačima.

4. Čini se da je duboko kopanje mnogo uspješnije u situacijama gdje su zbijeni slojevi inducirani obradom nego gdje je podzemni sloj tla povećanog saliniteta kao što su Sodosoli. Primjer je u zapadnoj Australiji gdje se dubokim kopanjem povećavaju prinosi na pješčanim tlima koja imaju zbijeni sloj manji od 30 cm, a podzemni sloj nije previše kiseo (Jarvis, 1984).

5. Pošumljivanje (sadjom u jame i primjenom podrivanja) u gospodarskoj jedinici Kamenjak, šumarije Rab započelo je 1944. godine i u razdoblju do 2003. godine osnovano je 209 ha šumskih kultura primorskog i alepskog bora. Pokus je praćen na 5 ploha (50 x 50 m) i 10 ploha (25 x 25 m). Veličina plohe određena je temeljem reljefnih karakteristika terena. Za svaku plohu izvršena je izmjera po vrstama drveća, visinskim klasama te praćenje vitaliteta sadnica. Rezultati u tome radu pokazuju razlike između dvije metode sadnje na kršu. Prikazan je uspjeh pošumljivanja primorskim borom (*Pinus pinaster*), alepskim borom (*Pinus halepensis*) i hrastom crnikom (*Quercus ilex*).



Slika 9. Rezultat sadnje u jame s primorskim borom, alepskim borom i hrastom crnikom
(Preuzeto: Barčić i sur., 2012)



Slika 10. Rezultat sadnje u brazde s primorskim borom, alepskim borom i hrastom crnikom
(Preuzeto: Barčić i sur., 2012)

4.6. RASADNIČARSKA PROIZVODNJA

Kako je prije rečeno, pošumljivanje može biti provedeno sjetvom sjemena ili sadnjom sadnica. Sjetva sjemena je lakša i jeftinija metoda, ali za razliku od pošumljivanja metodom sadnje sadnica ona ne ostvaruje dovoljno dobre rezultate pošumljivanja. Budući da je cijeli proces pošumljivanja posao koji zahtijeva velike financijske izdatke od ključne je važnosti sama uspješnost. Za pošumljivanje sadnjom sadnica neophodna je kvalitetna i adekvatna rasadničarska proizvodnja. Njezina uloga je u proizvodnji jakih i kvalitetnih sadnica koje će biti u mogućnosti pošumiti određeno područje uz što manji mortalitet te kako bi, na samom kraju, formirala zdravu i stabilnu šumsku kulturu koja je u stanju zadovoljiti sve osnovne funkcije šume. Za uspješno pošumljivanje na terenu potrebno je provesti sadnice kroz kvalitetan tretman školovanja koji će omogućiti razvoj sadnica s razvijenim dubokim i dobrim korijenom. Naglim razvojem takvog korijenja poboljšava se unos i transport vode što ubrzava i sam opstanak biljke. Uspjeh preživljavanja sadnica na terenu uvelike se može procijeniti kvalitetom školovanih sadnica u rasadniku. To je posebno važno za područje Mediterana gdje je potreba za pošumljivanjem izuzetno visoka, a okolišni uvjeti su često štetni za osnivanje kultura pa se često postavlja pitanje koji su indikatori i njihove vrijednosti u uspješnom pošumljivanju.

Tskaldimi i suradnici (2012) proveli su istraživanja s ciljem definiranja osnovnih morfoloških karakteristika kojima je moguće predvidjeti uspješnost preživljavanja sadnica na terenu pet mediteranskih vrsta: alepski bor (*Pinus halepensis*), hrast crnika (*Quercus ilex*), hrast oštika (*Quercus coccifera*), rogač (*Ceratonia siliqua*) i tršlje (*Pistacia lentiscus*). Sadnice uzgojene u kontejnerima su procijenjene još za vrijeme faze školovanja nakon čega su sadnice prebačene na teren gdje se vršio monitoring njihovog preživljavanja kroz dvije godine. Rezultati pokazuju kako je doista moguće predvidjeti uspješnost preživljavanja sadnica na terenu na temelju njihove morfološke analize. Preživljavanje alepskog bora (*Pinus halepensis*) i tršljike (*Pistacia lentiscus*) u uzajamnoj je vezi s promjerom korijenovog ovratnika, mase suhe tvari i Dicksonovim indeksom kvalitete (eng., *Dickson quality index*, DQI) pa se predviđanja mogu voditi prema tim varijablama. Preživljavanje zimzelenih hrastova (*Quercus ilex*, *Quercus coccifera*) temeljilo se na nekoliko osnovnih morfoloških svojstava. Početni promjer je bio glavni indikator predviđanja preživljavanja u drugoj godini za obje biljke dok je odnos visine i promjera bio dobar indikator za predviđanje preživljavanja oštike

(*Quercus coccifera*). Za rogač (*Ceratonia siliqua*), indikator uspješnog preživljavanja je bilo početni promjer i ukupna biomasa. Prema tome, promjer korijenovog ovratnika smatra se kao osnovna varijabla kojom se može predvidjeti preživljavanje dvogodišnjih biljaka na terenu u Mediteranskim uvjetima, a ona bi trebala biti >5 mm za alepski bor (*Pinus halepensis*) i >7 mm za ostale vrste. Ukupna masa suhe tvari se pokazala jako važna u predviđanju dvogodišnjeg preživljavanja za vrste *Pistacia lentiscus*, *Pinus halepensis* i *Ceratonia siliqua*. Ovo svojstvo, koje pokazuje neto prihod organske tvari kao produkt fotosinteze, u jakom je uzajamnom odnosu s veličinom izdanka i korijena. DQI se pokazuje kao pouzdan pokazatelj uspješnosti preživljavanja za vrste *Pistacia lentiscus* i *Pinus halepensis*. Indeks visine i promjera (visina/promjer) također se može koristiti kao siguran i jednostavan pokazatelj preživljavanja za *Quercus ilex* jer je u pokusu uspješnost preživljavanja bila 90%. Veće sadnice su rezultirale većim uspjehom preživljavanja te je za pretpostaviti kako je smanjena uspješnost preživljavanja manjih sadnica povezana s malim volumenom korijena.

Istraživanja su provedena i na osnivanju i rastu kontejnerskih sadnica za pošumljivanje (Pinto i sur., 2010). Šest tipova kontejnera, koji su se razlikovali u dubini i obujmu, koristili su se za procjenu uspjeha preživljavanja sadnica žutog bora (*Pinus ponderosa*) na dvije lokacije koje su se razlikovale u vlazi tla, prosječnoj temperaturi i ukupnim oborinama. Sadnice u svakom tipu kontejnera su kultivirane na način kako bi ostvarile jednaku razinu kvalitete. Nakon druge godine, sadnice posađene na uvjetima vlažnije sredine pokazuju veliku razinu preživljavanja od >99% i inkrementalni rast od 147% za visinu, 100% za promjer korijenovog ovratnika te 794% povećanja obujma stabljike. Od iznimne je važnosti i veličina kontejnera u kojima su sadnice uzgojene gdje su veći kontejneri rezultirali i većim sadnicama. Sadnice posađene u uvjetima sušne sredine imale su razinu preživljavanja od 83% i manje dimenzije rasta (25% za visinu, 46% za veličinu korijenovog ovratnika i 220% za obujam stabljike). Regresijska analiza pokazuje kako se prema početnim morfološkim karakteristikama sadnica bolje može predvidjeti apsolutna visina, promjer korijenovog ovratnika i obujam stabljike nakon prve godine. Pretpostavka je da se karakteristike sadnice nakon jedne godine gube zbog rasta izvan kontejnera i time bivaju više ograničene okolišnim i genetskim faktorima što umanjuje mogućnosti predviđanja njihovog razvoja. Suprotno tome, u uvjetima sušne sredine, gdje je apsolutni rast sadnica bio smanjen, karakteristike određene tipom kontejnera su ostale dulje. Kontejneri su se sastojali od polistirena, a

razlikovali su se prvenstveno u dubini šupljine i obujmu (60, 80, 90, 105, 120, i 166 cm³). Sadnice su rasle od ožujka do prosinca nakon čega su se vadile i spremale u hladnjak na -2°C. Ovo istraživanje nudi jedinstvenu perspektivu o izboru jer nudi pregled sadnica školovanih u različitim kontejnerima i sađenima na različitim mjestima. Sadnjom sadnica zajedničke fiziologije, ali različite veličine na različitim mjestima više se dobio uvid o ulozi kontejnera na uspješnost sadnje na terenu. Izbor kontejnera se pokazao manje važan za preživljavanje sadnica nego za njihov sveopći rast u povoljnim uvjetima vlažnije sredine. Kontejnerski uzgoj sadnica djeluje puno važnije za sadnju biljaka u uvjetima suše sredine. Razlike u apsolutnom rastu na vlažnom i sušem mjestu pokazuju kako morfološke odlike stečene na školovanju biljke mogu ustrajati tokom vremena te kako samo mjesto sadnje može jako utjecati na predviđanje uspješnosti pošumljivanja.

Istraživanjem utjecaja na veličinu kontejnera i pripremi tla na uspjeh pošumljivanja bavili su se Jelić i sur. (2014). Istraživani su utjecaji veličine kontejnera na morfološke osobine bora pinije (*Pinus pinaster*) te utjecaj veličine kontejnera i pripreme tla na rast i razvoj istog na pokusom objektu. Cilj istraživanja je bio utvrditi koji tip kontejnera (već nekoliko godina u redovitoj primjeni u šumskoj proizvodnji) ima najbolji učinak na razvoj jednogodišnjih sadnica pinije, u rasadniku i na pokusnoj plohi, posađenih na riperanoj površini u iskopenim jamama.

Kontejneri koji su se koristili u pokusu su bili:

a) Multipot 53/12, komercijalno naziva „Bosnaplast 12“ (zapremnina ćelije 120 cm³, dubine 12 cm, promjera na vrhu 4 cm) s kojim su se sadile biljke gustoće 660 N/m².

b) Multipot 33/18, komercijalnog naziva „Bosnaplast 18“ (zapremnina ćelije 220 cm³, dubine 18 cm, promjer na vrhu 4,5 cm) s kojim su se sadile biljke gustoće 498 N/m².

c) Polietilenski tuljak 7/24 (zapremnine 923 cm³, dubine 24 cm, promjer na vrhu 7 cm) s kojim su se sadile biljke gustoće 196 N/m².

d) Polietilenski tuljak 8/24 (zapremnine 1205 cm³, dubine 24 cm, promjer pri vrhu 8 cm) s gustoćom sadnje 156 N/m².

Zaključci doneseni na temelju ovih istraživanja govore kako su najveće vrijednosti morfoloških parametara i DQI jednogodišnjih sadnica pinije utvrđene kod najvećih korištenih kontejnera (Polietilenski tuljak 7/24 i 8/24). Dosta manje vrijednosti su utvrđene u Multipot 33/18 kontejnerima, a najmanje u kontejnerima Multipot 53/12. Indeks S/K (omjer mase: nadzemni/podzemni) ostaje nepromijenjen bez obzira na veličinu kontejnera. Različite vrste kontejnera imale su različit utjecaj na kvalitetu korijenovog sustava jednogodišnjih sadnica. Jednogodišnje sadnice pravilnije razvijaju postrano korijenje u većim kontejnerima (Polietilenski tuljak 7/24 i 8/24) u odnosu na sadnica iz manjih kontejnera (Multipot 53/12 i 33/18), a povrh toga u većim kontejnerima nisu primijećene deformacije korijena, što čini ove sadnice kvalitetnijima. Budući da izbor vrste kontejnera i njegovih dimenzija ima izravan utjecaj na kvalitetu sadnice, u slučaju pinije Polietilenski tuljci 7/24 i 8/24 mogu se smatrati upotrebljivim unatoč njihovim nedostacima. Rasadničarsku proizvodnju u kontejnerima Multipot 53/12 i 33/18 treba postupno napustiti zbog nedostataka koji su posljedica tehnološke zastarjelosti (primjer: nedostatak antispiralnih rebara koji sprječavaju spiralni rast korijena, a time i njegovu deformaciju). Jednogodišnje kvalitetne sadnice pinije iz većih kontejnera, sađene na ripranom tlu, imale su višestruko manji mortalitet od sadnica iz manjih kontejnera smanjene kvalitete posađenih u ručno iskopane jame. Također, valja naglasiti kako je ripranje tla odigralo najvažniju ulogu kod preživljavanja pinije u prvih šest godina nakon sadnje. Jednogodišnje sadnice uzgojene u većim kontejnerima pokazuju veći visinski rast u šumskoj kulturi u prvih šest godina, a isto tako sadnice sađene na ripranom tlu pokazuju bolje rezultate rasta od onih sađenih u iskopane jame. Nakon šest godina od sadnje promjer sadnica iz većih kontejnera je veći kao i kod sadnica sađenih na ripranom tlu u odnosu na one zasađene u jame. Uzimajući u obzir relativno malen mortalitet u ovom istraživanju, bor pinija je vrsta s kojom treba vrlo ozbiljno računati kod pošumljivanja sredozemnog krškog područja Republike Hrvatske. Osim meliorativnih učinaka na kršu, pinija ima i veliku gospodarsku vrijednost.

Još jedno slično istraživanje provedeno je na sadnicama običnog čempresa (*Cupressus sempervirens*) (Topić i sur., 2009). Čempres se u nas uzgaja u primorskim krajevima, a na mnogim lokalitetima priobalnog područja srednje i južne Dalmacije prirodno se obnavlja. Ne tvori prostrane šumske sastojine nego raste u većim i manjim skupinama. Dobro podnosi sušu, a otporan je na zračna strujanja, vjetrove, prašinu,

plinove u zraku i posolicu. Iako je sredozemna šumska vrsta, može izdržati niske temperature i preko -24°C (Topić, 1990). Ima razvijen korijenov sustav, nalazimo ga na različitim tlima, ali najbolje uspijeva na vapnencima. Za istraživanje su korištena tri tipa kontejnera: Bosnaplast 12, Bosnaplast 18 i PVC tuljak 7/24. Standardna korištena mješavina sastojala se od treseta i zemlje u omjeru 2:1. Sjetva u kontejnerima je obavljena krajem travnja 2003. godine, a nakon nicanja biljaka izmjere su obavljene sukcesivno svaka dva mjeseca u 3 navrata. Varijable proučavane u rasadnicima i laboratoriju bile su: visina stabljike, promjer vrata korijena, težina korijena, ukupna dužina korijena, prosječni promjer korijena, težina stabljike, ukupna težina biljke, odnos težine stabljike i korijena. U razdoblju od 2003. do 2008. godine na pokusnoj plohi Podi svake su godine, kod svih posađenih biljaka, izmjerene njihove visine i utvrđeni postoci preživljavanja. Rezultati su pokazali kako volumen kontejnera pozitivno utječe na morfologiju jednogodišnjih biljaka u rasadnicima i njihov bolji rast na plohi što je posebno vidljivo kod biljaka posađenih na podrivanom tlu ripperom. U PVC tuljcima, kontejnerima s volumenom od 923 cm^3 i odnosom visine i promjera 3,4 proizvedene su najveće i najkvalitetnije biljke, zatim u kontejnerima Bosnaplast 18 volumena 220 cm^3 dok su najmanje biljke proizvedene u Bosnaplast 12 volumena 120 cm^3 . Istraživanje je također pokazalo kako su biljke u kontejnerima s većim volumenom imale i bolji rast na terenu te veći postotak preživljavanja.

Tablica 1. Prosječne visine biljaka običnog čempresa i njihov postotak preživljavanja po vrsti kontejnera inačinu sadnje u prvih 5 godina (Preuzeto: Topić i sur., 2009)

Pošumljavanje sadnjom na podrivanom tlu ripperom – <i>Afforestation by planting on soil undermined by ripper</i>												
Tip kontejnera <i>Container type</i>	Broj posađenih biljaka <i>Number of plants</i>	Visina posađenih biljaka <i>Height of plants 2003</i>	Visine biljaka u godini, cm <i>Plants height in a year, cm</i>					Preživljenje biljaka u godini, % <i>Survival plants in year, %</i>				
			2004	2005	2006	2007	2008	2004	2005	2006	2007	2008
Bosnaplast 12	137	6,90	14,39	27,16	37,16	43,71	48,40	61,3	53,3	48,9	48,2	43,1
Bosnaplast 18	176	8,89	17,03	32,77	43,34	50,56	55,97	62,5	61,4	57,9	57,9	57,4
PVC tuljak 7/24	198	16,10	30,12	46,93	60,52	68,04	74,79	78,8	76,3	73,2	73,2	73,2
Pošumljavanje sadnjom u jame – <i>Afforestation by planting into holes</i>												
Bosnaplast 12	50	6,87	13,56	20,56	29,06	34,38	38,44	28,0	24,0	20,0	20,0	20,0
Bosnaplast 18	50	8,84	14,00	22,90	32,39	40,30	44,72	36,0	32,0	30,0	30,0	30,0
PVC tuljak 7/24	217	16,24	26,58	37,54	43,35	50,80	54,54	43,8	39,2	38,2	37,8	37,3

Rezultati ovog istraživanja ukazuju da je obični čempres vrlo upotrebljiva vrsta za pošumljivanje krša pogotovo kod podizanja mješovitih kultura, ali samo pod uvjetom da se upotrijebi kvalitetan sadni materijal (po mogućnosti dvogodišnje sadnice iz većih kontejnera volumena 900 do 1000 cm³) te da se sadnja obavi na vrijeme i stručno uz obaveznu njegu u prvim godinama nakon sadnje. Iz ovoga je vidljivo kako su rast i razvoj postali više limitirajući kriterij u izboru vrsta od postotka preživljavanja što je uslijedilo usavršavanjem tehnologije kontejnerske proizvodnje.

U postupku školovanja biljaka u rasadniku nužno je potrebna njega (u smislu dodavanja hraniva) kako bi se formirale snažne biljke spremne za pošumljivanje. Jedno od istraživanja upravo je proveo Komlenović (1997) o primjeni sporotopivog gnojiva „Osmocote Mini“ na uzgoj kvalitetnih sadnica alepskog bora (*Pinus halepensis*) i pinije (*Pinus pinea*) na sphagnum tresetu.

Tablica 2. Prikaz srednje vrijednosti visina i promjera jednogodišnjih biljaka. 1. 0+0 – kontrola bez gnojide, 2. 1,5 Mini + 0-1,5 kg/m³ „Osmocote Mini“ unešeno u supstrat, 3. 3,0 Mini+0—3,0 kg/m³ „Osmocote mini“ unešeno u supstrat, 4. 6,0 Mini + 0-6,0 kg/m³ „Osmocote Mini“ unešeno u supstrat, 5. 0 + 1,5 Mini – 1,5 kg/m³ „Osmocote Mini“ primijenjen površinski, 6. 1,5 Mini + 1,5 Mini-1,5 kg/m³ „Osmocote Mini“ primijenjen površinski, 7. 1,5 Super + 1,5 Min -1,5 kg/m³ superfosfata unešeno u supstrat + 1,5 kg/m³ „Osmocote Mini“ primijenjeno površinski, 8. 1,5 NPK + 1,5 Mini -1,5 kg/m³ gnojiva 7:14:21 unešeno u supstrat + 1,5 kg/m³ „Osmocote Min“ primijenjeno površinski, 9. 1,5 Super + 1,5 „Sierra“ -1,5 kg/m³ superfosfata unešeno u supstrat + 1,5 kg „Sierrablen Mini“ primijenjeno površinski. (Preuzeto: Komlenović, 1997)

		Pinus halepensis				Pinus pinea			
Postupak Treatment		Visina Height cm	Odnos Relation %	Promjer Diameter mm	Odnos Relation %	Visina Height cm	Odnos Relation %	Promjer Diameter mm	Odnos Relation %
1	0+0	4,03	100	0,91	100	20,71	100	2,94	100
2	1,5+0	13,59	337	1,60	176	34,38	166	3,38	115
3	3,0+0	21,31	529	2,15	236	43,86	212	3,71	126
4	6,0+0	19,37	481	2,02	222	38,04	184	3,54	120
5	0+1,5	16,48	409	1,90	209	40,80	197	3,84	133
6	1,5+1,5	18,86	468	1,98	218	39,48	190	3,72	129
7	1,5 Super + 1,5	20,42	507	2,11	232	38,01	184	3,63	123
8	1,5 NPK + 1,5	18,31	454	1,95	214	33,33	161	3,60	122
9	1,5 Super + 1,5 Sierra	11,39	283	1,58	174	34,29	166	3,50	119
	LSD 5 %	1,41		0,12		1,57		0,12	
	LSD 1 %	1,88		0,17		2,10		0,17	

Kod unosa 3 kg/m³ gnojiva biljke obje vrste su imale najveće visine, a biljke alepskog bora i najveće promjere. Doza od 6 kg/m³ gnojiva rezultirala je manjim rastom biljaka obje vrste drveća u odnosu na dozu od 3 kg/m³, ali većim rastom u odnosu na

biljke bez primjene gnojiva. Podjela doze na dva dijela kao unos od $1,5 \text{ kg/m}^3$ u supstrat, a preostala polovina primijenjena kroz prihranu također nije pozitivno utjecala na uspijevanje biljaka kao jedinstvena doza od 3 kg/m^3 . Površinska primjena ovog gnojiva nepovoljno je utjecala na razvoj korijena. Prihranjivanjem s gnojivom „Osmocote Mini“ postignuti su značajno bolji rezultati nego gnojivom „Osmocote Sierrablen“. Primjenom $1,5 \text{ kg/m}^3$ gnojiva „Osmocote Mini“ uzgojene su kvalitetne sadnice pinije, dok bi za alepski bor tu dozu trebalo povećati. Svi ovi podaci nam govore kako je uspješnost preživljavanja u uskoj vezi s dimenzijama biljaka, a na njihove dimenzije u prvoj godini može uvelike utjecati primjena gnojidbe. To nam daje jasniju sliku planiranja pošumljivanja, donošenje važnih odluka prilikom pošumljivanja kao i sama procjena troškova kod pošumljivanja.

4.7. RASADNIČARSKA PROIZVODNJA U HRVATSKOJ (RASADNIK PIKET)

Broj biljaka po jedinici površine ili gustoća sadnje određuje međusobni razmak biljaka i redova. Taj broj i količina ovise o šumsko-uzgojnim svojstvima svake vrste drveća i cilju gospodarenja. Za sadnju alepskog bora (*Pinus halepensis*), brucijskog (*Pinus brutia*), primorskog (*Pinus pinaster*), pinije (*Pinus pinea*) i čempresa (*Cupressus sempervirens*) trebat će 1000 - 2000 sadnica po hektaru, za cedrove (*Cedrus ssp.*) 700 – 1200 sadnica po hektaru, a za sadnju crnog bora (*Pinus nigra*) 2000 – 2500 sadnica po hektaru. Što se tiče broja sadnica po hektaru, važno je napomenuti da veći broj biljaka po jedinici površine ubrzava procese stabilizacije staništa glede stvaranja povoljnih mikroklimatskih uvjeta, kvalitetnog tla, smanjenja konkurentskog korova što uvjetuje bolji i kvalitetniji rast novopodignute kulture (Matić i sur., 1997). Temeljeno na ovim informacijama potrebno je biti u mogućnosti proizvesti dovoljne količine biljaka koje će biti sposobne za buduće pošumljivanje. Kako bi se postigli takvi ciljevi, nužno je imati dovoljna sredstva i prostor koji može omogućiti takvu proizvodnju. U nas rasadničarska proizvodnja još uvijek postoji među kojoj je i rasadnik „Piket“, osnovan 2008. godine i jedan je od tvrtki kćeri poduzeća „Hrvatske šume“ d.o.o.. Rasadnik posjeduje proizvodnu liniju Švedskog proizvođača BCC koja se sastoji od automatizirane sijačice za sjetvu sjemena u kontejnere. Uobičajeno je da se za šumske sadnice koriste plastični kontejneri, a za presadnice povrća kontejneri od polistirena. Sjetva se obavlja u kvalitetne, sterilizirane i hranivima opskrbljene supstrate, ovisno o

vrsti biljke. Dnevni kapacitet sijačice je 50.000 do 80.000 komada, ovisno o vrsti i kvaliteti sjemena koje se sije. Za proizvodnju šumskih sadnica koriste se plastični kontejneri proizvođača BCC sljedećih tipova: HIKO V 50/67 (dimenzije: 352 x 216 x 87 mm, broj ćelija: 67, volumen jedne ćelije 50 ml), HIKO V 120/40 (dimenzije: 352 x 216 x 110 mm, broj ćelija: 40, volumen jedne ćelije: 120 ml), HIKO V 150/24 (dimenzije: 352 x 216 x 110 mm, broj ćelija: 24, volumen jedne ćelije 150 ml). Unutarnja rebra ćelija usmjeravaju rast glavnog korijena i onemogućavaju njeno spiralno uvijanje, bočne perforacije poboljšavaju prozračivanje i rast lateralnog korijenja, perforirano dno ćelije omogućuje odvodnju viška vode, kvalitetna plastika od koje su izrađeni odbija UV zrake. Najčešće šumske sadnice koje se proizvode su iz rodova: *Pinus*, *Cupressus*, *Picea*, *Abies*, *Quercus*, *Fraxinus* i druge, a sami kontejneri su pogodni za proizvodnju gotovo svih vrsta šumskih sadnica starosti 1+0 i 2+0.



Slika 11. Kontejner HIKO V 50/65 (Preuzeto: www.hrsume.hr/index.php/hr/rasadnik-piket-doo)



Slika 12. Kontejner HIKO V 120/40 (Preuzeto: www.hrsume.hr/index.php/hr/rasadnik-piket-doo)



Slika 13. Kontejner HIKO V 150/24 (Preuzeto: www.hrsume.hr/index.php/hr/rasadnik-piket-doo)

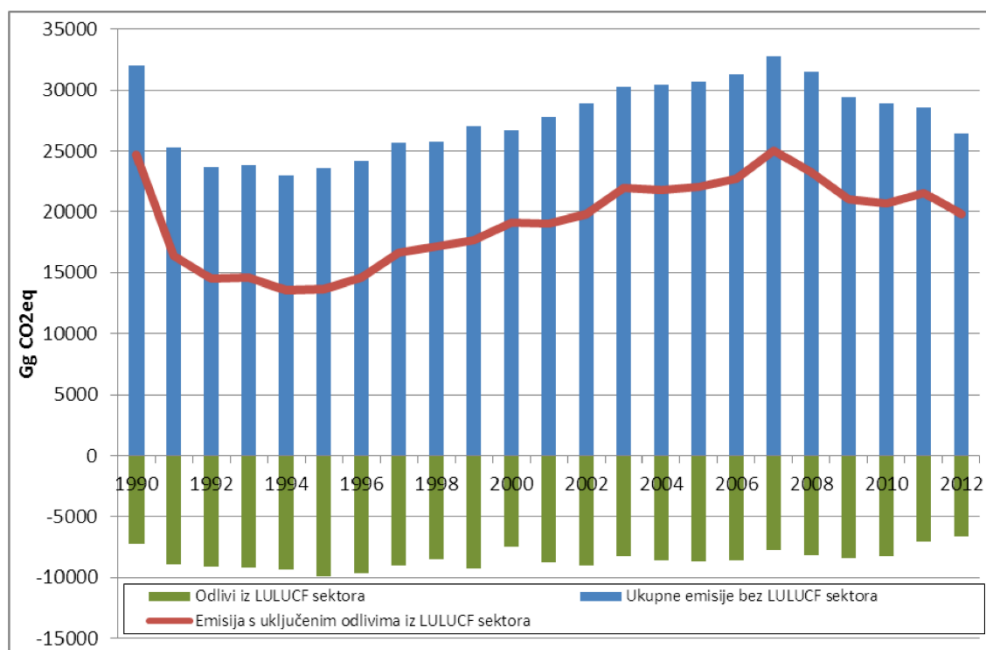
5. UTJECAJ POŠUMLJIVANJA NA APSORPCIJU CO₂

Ukupne emisije ugljikovog dioksida (CO₂) iz tla se prepoznaju kao jedna od najvećih protoka globalnog ciklusa ugljika (Li i sur., 2008.; Schlesinger i Andrews, 2000). Pretpostavlja se 50 – 79 PgC godišnje (1 PgC godišnje = 1 bilijun tona ugljika = 3,7 bilijuna tona CO₂) što je 25% globalne izmjene CO₂ (IPCC, 2001.). Tla sadrže najveću količinu uskladištenog ugljika u biosferi (~1500 PgC), skoro dvostruko više od atmosferskog (IPCC, 2011; Jia i sur., 2006). Brža oksidacija organske tvari u tlu kao posljedica globalnog zatopljenja može značajno povećati koncentraciju CO₂ u atmosferi (Raich i Potter, 1995). Shodno tome, disanje tla je kritično u globalnom kruženju ugljika i klimatskim promjenama (Jia i sur., 2006). Predviđanje disanja tla i shvaćanje sustava koje naglašava njegovu sezonsku i prostornu varijaciju je ključno u predviđanju reagiranja ekosustava na klimatske promjene (Li i sur., 2008; Raich i Schlesinger, 1992). Disanje tla se razlikuje u vremenskim i prostornim odnosima kao rezultat promjena u temperaturi (Lloyd i Taylor, 1994), vlazi (Gaumont-Guay i sur., 2006), teksturi tla (Dilustro i sur., 2005), topografiji (Kang i sur., 2003), vegetaciji (Buchmann, 2000) i unosu ugljika što je usko povezano s opskrbom ugljika kao dio respiratornih aktivnosti (Bahn i sur., 2008). Aridni i semi-aridni okoliš pokriva približno jednu trećinu svjetskog zemljišta i jedan je od najosjetljivijih ekosustava. To je stanje koje je nastalo kao posljedica periodičnih suša te zbog velike eksploatacije rijetkih sirovina (Malagnoux i sur., 2007). Utjecaj globalnog zatopljenja na aridna tla preko povećanja temperatura i manjka kišnih perioda osjeća se kroz nepopravljiv gubitak

vegetacije i smanjenja u poljoprivredi, površini šumskih zemljišta i šumske produktivnosti, bioraznolikosti te smanjene organske tvari i plodnosti tla. Pošumljivanje tih područja može igrati ključnu ulogu u stabilizaciji tla, kontroli dezertifikacije, zaštiti voda i ostalih usluga ekosustava kao što su proizvodnja drvene mase kao gorivo ili proizvodnja stočne hrane. Istraživanje koje su proveli Perez-Quezada i suradnici (2012) baziralo se na uspoređivanju mjesečnih izmjera disanja tla na autohtonim šikarama sa sadnjom i bez sadnje vrste *Acacia saligna*. Vršio se monitoring disanja tla te mikrometeorološke varijable i varijable tla od 2008. do 2010., 3 do 6 godina nakon pošumljivanja. Cilj istraživanja je bio izmjeriti utjecaj temperature tla na dnevna disanja tla, napraviti model sezonskih varijacija disanja tla bazirano na vlazi i temperaturi tla te procjena godišnjeg disanja tla na pošumljenim i nepošumljenim područjima. Lokacija na kojoj se vršilo istraživanje je bila postaja za eksperimentalna istraživanja Las Cardas, Čile u Coquimbo regiji koja je pod utjecajem suhe Mediteranske klime. Izmjerena respiracija na dvije susjedne parcele pokazuje u pošumljenim uvjetima smanjenu godišnju respiraciju od 17% za razliku od nepošumljene. Razlog tome je vjerojatno gubitak ugljika u tlu i u drvenastim vrstama zbog pripreme staništa za pošumljivanje. Nakon prve godine popravljala se primarna produkcija pošumljenog područja uz povećanje poniranja ugljika. Istovremeno, respiracija pošumljenog područja također pokazuje povećanje. Drugo istraživanje proučavalo je disanje tla u većem vremenskom periodu kod sadnje smreke (Saiz i sur., 2006). Iako nije uočeno povećanje ugljika u tlu pokazano je smanjenje respiracije između 10-godišnjih i 31-godišnjih nasada te stabilizacija u starijim nasadima (47 godina nakon sadnje). Dnevne vrijednosti disanja tla na pošumljenom tlu bile su veće nakon treće godine izmjere što može biti indikator trenda izjednačavanja respiracije. Također, to može biti pokazatelj visokog utjecaja pošumljivanja na vezanje ugljika u budućnosti. Razumijevanje utjecaja pošumljivanja na kruženje ugljika je važno zbog njegovih implikacija na globalno kruženje ugljika. Temperatura tla je bila dobar predskazivač disanja tla određenih dijelova u godini, ali se nije mogla povezati s određenom razinom vlage u tlu. Izuzetno suhi uvjeti su naglašavali kako je disanje tla bilo pod većim utjecajem vlažnosti tla nego same temperature tla. Potencijalno bolja respiracija na pošumljenom mjestu će ovisiti o stabilnosti ugljika kao i veća pokrovnost drvećem koja će utjecati na hidrologiju i temperaturu tla.

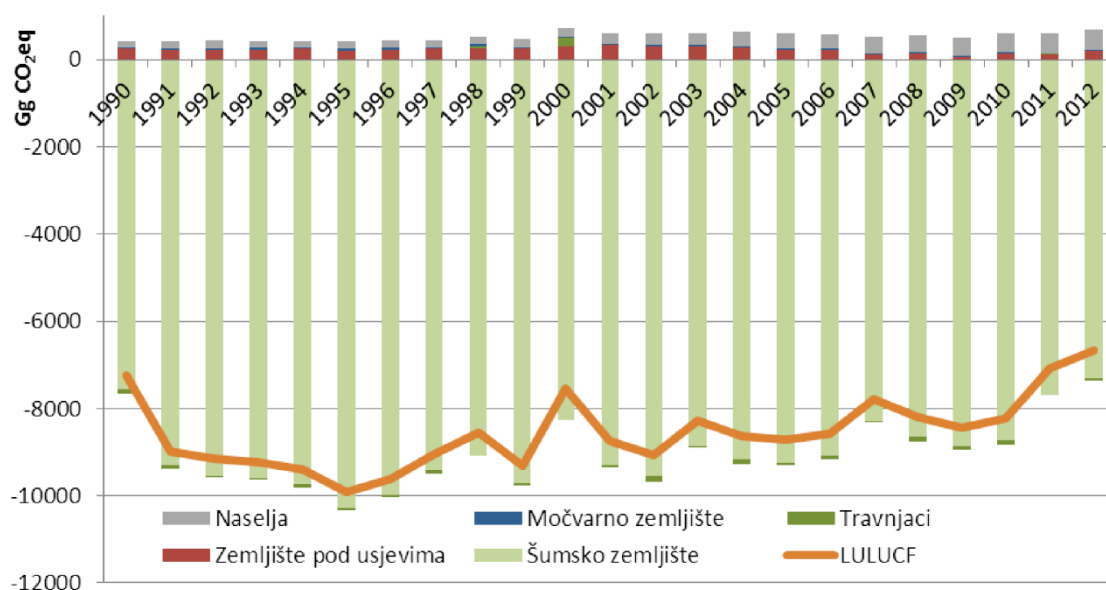
5.1. SMANJENJE EMISIJA I POVEĆANJE ODLIVA STAKLENIČKIH PLINOVA U REPUBLICI HRVATSKOJ

Kyotski protokol (Kyoto, 1997) stupa na snagu 2005. godine, nakon što ga je potpisalo 55 zemalja. Cilj je bio smanjiti ukupnu emisiju stakleničkih plinova za 5% u razdoblju od 2008. – 2012. godine u odnosu na baznu 1990. godinu. Hrvatska je potpisala 1999., a ratificirala 2007. godine „Zakon o potvrđivanju Kyotskog protokola uz Okvirnu konvenciju Ujedinjenih naroda o promjeni klime“ (Narodne novine – Međunarodni ugovori 05/07). Cilj Europske unije je bio smanjenje emisija stakleničkih plinova za 20% do 2020. godine u odnosu na 1990. godinu. Prema odredbama članka 10. Odluke 529/2013/EU i članka 4. Uredbe 525/2013/EU države članice Europske unije odlučuju o načinu dostave informacija o aktivnostima u sektoru Korištenja zemljišta, promjene u korištenju zemljišta i šumarstva (LULUCF sektor) s ciljem zadržavanja ili smanjenja emisije stakleničkih plinova, odnosno zadržavanja ili povećanja odliva u tom sektoru do 2020. godine. Podaci dostupni u „Izviješću o nacionalnom inventaru emisija stakleničkih plinova u Republici Hrvatskoj za razdoblje od 1990. - 2012. godine“, pokazuju kako je šumama u Republici Hrvatskoj u 2012. godini bilo pokriveno 42% ukupne površine dok se u kategoriji usjeva/nasada i travnjaka nalazilo 28%.



Slika 14. Prikaz ukupne emisije i odlivi CO₂ u razdoblju od 1990.-2012. sa i bez uključenog LULUCF sektora (Preuzeto: Policy Paper for development and improvement of low carbon policy papers, Country: CROATIA, 2014)

Skoro 99% od ukupne površine šuma nalazi se u kategoriji bez prenamjene (tzv. šumsko zemljište koje ostaje šumsko), a ostalo u drugim kategorijama zemljišta koje su prenamijenjene u šumsko zemljište. Prvenstveno se ovdje radi o prenamijeni površina neobraslog proizvodnog šumskog zemljišta na kojima je izvršeno pošumljivanje ili se odvijalo prirodno širenje šume. Utjecaj/važnost LULUCF sektora u ukupnim iznosima emisija/odliva za RH je prikazan na slici 14. iz koje je vidljivo da odlivi iz ovoga sektora gotovo za jednu trećinu smanjuju ukupne emisije iz preostalih sektora.

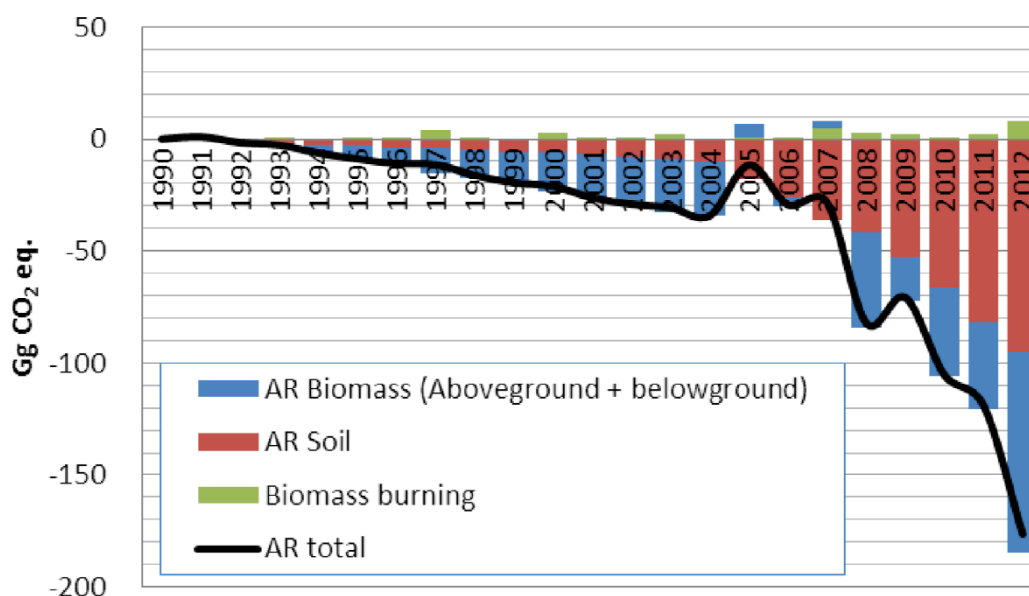


Slika 15. Prikaz emisije i odliva unutar LULUCF sektora po kategorijama u razdoblju od 1990. – 2012. (Preuzeto: Policy Paper for development and improvement of low carbon policy papers, Country: CROATIA, 2014)

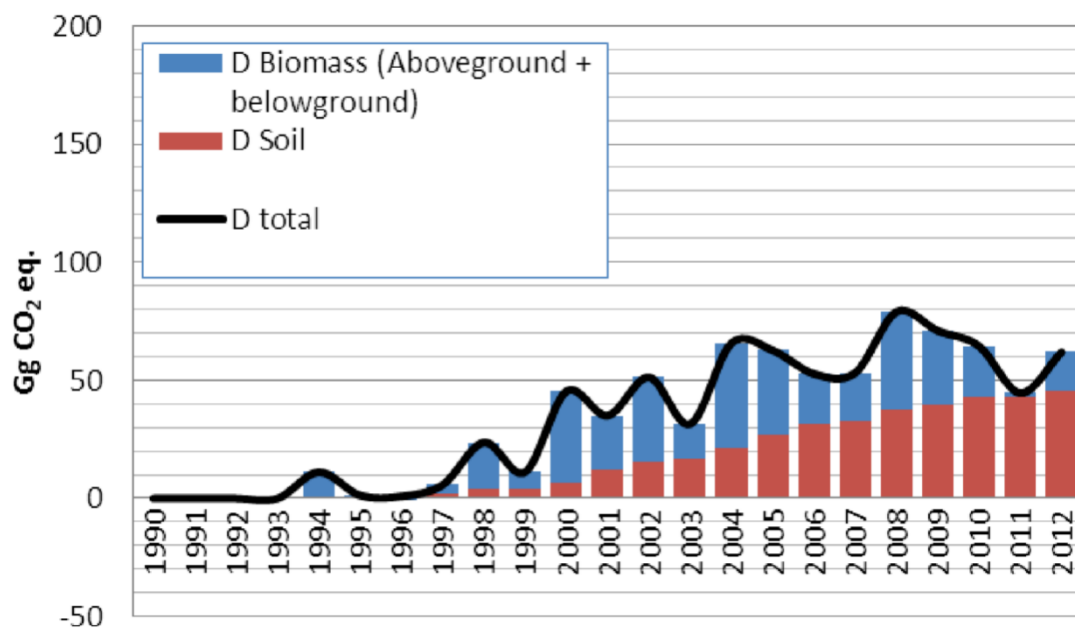
Najveći odlivi stakleničkih plinova unutar LULUCF sektora su u kategoriji Šumsko zemljište, a manjim dijelom u kategoriji Travnjaka što je vidljivo na slici 15. U drugim kategorijama: Zemljište pod usjevima/nasadima, Močvarno zemljište te Naseljena područja dolazi do emisije stakleničkih plinova. Za LULUCF sektor se može reći kako je to sektor pohrane ugljika. Količina pohranjenog ugljika odstupa od oko 20 do preko 40% od apsolutnih emisija stakleničkih plinova u razdoblju od 1990. – 2012. Povećanje biomase stabala dovodi do većine odliva. Godišnji prirast povećava se protokom vremena, a to podrazumijeva povećanje pohrane CO₂. Šumsko zemljište je kategorija gdje razina, višegodišnji trendovi, te varijabilnost pohrane u LULUCF sektoru u najvećoj mjeri ovisi o dinamici.

Šume i šumska zemljišta apsorbiraju najznačajniju količinu ispuštenog CO₂. Za navedeno razdoblje udio odliva iz ove LULUCF kategorije je 23,60% do 43,63% iznosa ukupnih emisija u Republici Hrvatskoj. Odstupanje ovisi o trendovima emisija i provedenim šumarskim aktivnostima u određenim godinama.

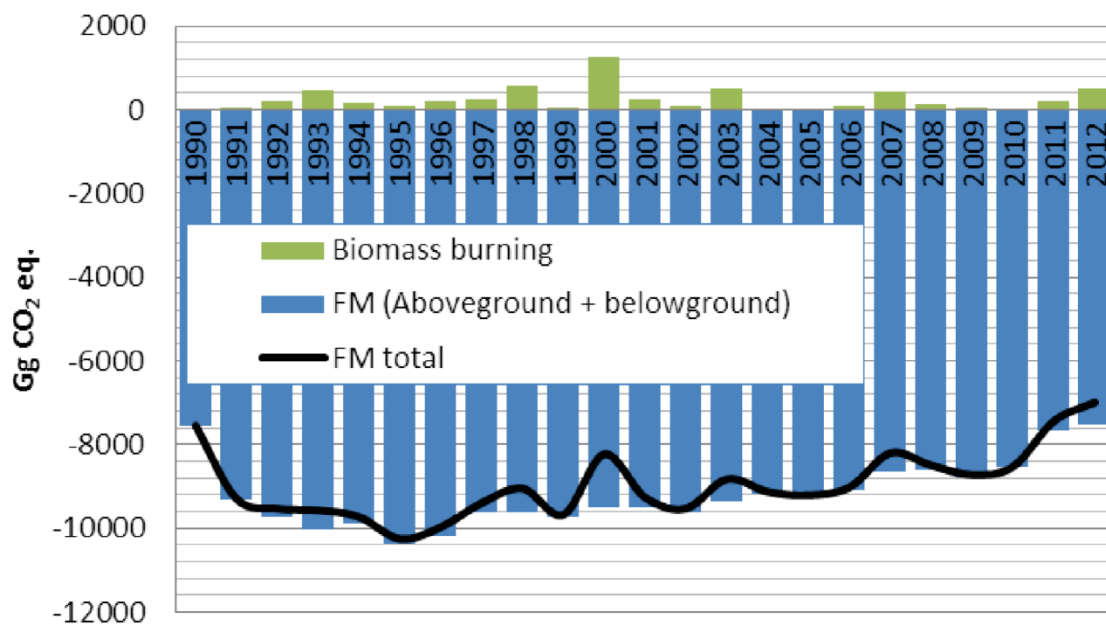
Odlivi i emisije iz LULUCF sektora su obuhvaćeni člancima 3.3 i 3.4 Kyotskog protokola. Članak 3.3 obuhvaća aktivnosti pošumljivanja, ponovno pošumljivanja i krčenja šuma, a sve potpisnice Protokola dužne su podnositi izvještaje o navedenim aktivnostima. Članak 3.4 obuhvaća gospodarenje šumama, usjevima i pašnjacima. Dok je tijekom prvog obračunskog razdoblja izvještavanje o aktivnostima bilo dobrovoljno, tijekom drugog obračunskog razdoblja od 2013. – 2020. godine izvješćivanje o gospodarenju šumama je obavezno. Izvješćivanje o ostalim aktivnostima iz članka 3.5 i dalje je ostalo pravo slobodnog izbora. Republika Hrvatska za potrebe Protokola radi izvještaje o pošumljivanju i ponovnom pošumljivanju (eng., *afforestation*, AR), krčenju šuma (eng., *defforestation*, D) i gospodarenju šumama (eng., *forest management*, FM). Daljnje slike prikazuju trendove kretanja emisija i odliva stakleničkih plinova za aktivnosti AR, D i FM. Uz podatke su uključeni podaci emisija šumskih požara.



Slika 16. Prikaz emisije i odliva za aktivnosti pošumljivanja (AR) po članku 3.3 u periodu od 1990. – 2012. u Gg CO₂eq (Preuzeto: Policy Paper for development and improvement of low carbon policy papers, Country: CROATIA, 2014)

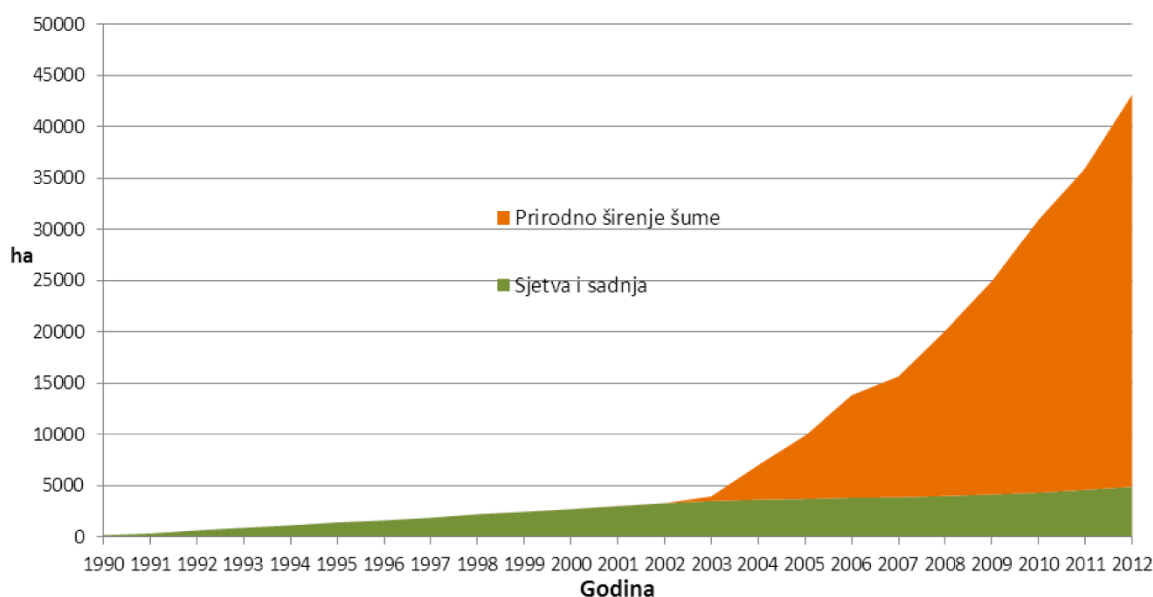


Slika 17. Prikaz emisije i odliva za aktivnosti krčenja šuma (D) po članku 3.3 u periodu od 1990. – 2012. u Gg CO₂eq (Preuzeto: Preuzeto: Policy Paper for development and improvement of low carbon policy papers, Country: CROATIA, 2014)



Slika 18. Prikaz emisije i odliva za aktivnosti gospodarenja šumama (FM) po članku 3.4 u periodu od 1990. – 2012. u Gg CO₂eq (Preuzeto: Policy Paper for development and improvement of low carbon policy papers, Country: CROATIA, 2014)

Za pošumljivanje i ponovno pošumljivanje (AR) mrtvo drvo ne predstavlja izvor emisija, a sama šumska prostirka služi kao pohranište. Kod krčenja šuma (D) mrtvo drvo obuhvaćeno je u iskrčevoj nadzemnoj biomasi, dok je listinac obuhvaćen u pohraništu tla. Aktivnosti po članku 3.3 za većinu promatranih godina od 1990. na dalje predstavljaju emisije, a značajniji se odliv javlja tek od 2010. godine (-40,94 Gg CO₂eq), dok u 2012. iznose -114,46 Gg CO₂eq. Trend porasta odliva javlja se u gospodarenju šuma od 1990. do 1995. godine nakon čega dolazi do smanjenja te u 2012. godini iznose -6988,73 Gg CO₂eq. Izračunom je obuhvaćena nadzemna i podzemna biomasa i njezino povećanje, a mrtvo drvo i listinac koji je uključen u tlo ne predstavljaju izvor emisija. Pošumljivanje okolišno prikladnih područja ili degradiranih zemljišta je prepoznata kao mjera koja ima najznačajniji utjecaj na učinak ublažavanja i prilagodbu klimatskih promjenama. Na pretežno degradiranim površinama u Republici Hrvatskoj prema odredbama Zakona o šumama obavljeno je pošumljivanje sjetvom sjemena i sadnjom sadnica (primjer je kamenjar i oskudni travnjaci na krškom području). U Republici Hrvatskoj od 1990. – 2012. godine pošumljeno je 4917,64 ha ukupno ili 213,81 ha prosječno godišnje.



Slika 19. Grafički prikaz prirodnog povećanja površine šuma te povećanje sjetvom i sadnjom od 1990. – 2012. godine (Preuzeto: Policy Paper for development and improvement of low carbon policy papers, Country: CROATIA, 2014)

Na krško područje Mediterana otpada oko 3000 ha ili 61%. Također je pored pošumljivanja omogućeno i prirodno širenje šuma na neobraslim šumskim zemljištima koja su prije 1990. godine bili travnjaci, a manjim dijelom zapuštene oranice i

višegodišnji nasadi. Uvid u ukupno povećanje površina šuma u razdoblju 1990. – 2012. godine prikazuje se na slici 19. i tablici 3. (Policy Paper for development and improvement of low carbon policy papers, Country: CROATIA, 2014)

Tablica 3. Prikaz dosadašnjih povećanja šumskih površina od 1990. – 2012. kao i projekcije prema 3 scenarija (Preuzeto: Policy Paper for development and improvement of low carbon policy papers, Country: CROATIA, 2014)

Scenarij za 2020. godinu	Povećanje novih površina	Razdoblje 1990-2012.		Projekcija 2013-2020.		Ukupno 1990-2020.	
		Bjelogorica	Crnogorica	Bjelogorica	Crnogorica	Bjelogorica	Crnogorica
		ha					
Bez mjera	Sjetva i sadnja	1295	3623	89	248	1384	3870
	Prirodno širenje	34809	3440	3029	299	37837	3740
S mjerama	Sjetva i sadnja	1295	3623	478	1337	1773	4960
	Prirodno širenje	34809	3440	12071	1193	46880	4633
S dodatnim mjerama	Sjetva i sadnja	1295	3623	997	2787	2292	6410
	Prirodno širenje	34809	3440	24215	2393	59023	5834

6. ANALIZA TROŠKOVA POŠUMLJIVANJA

Istraživanja koja su provedena na Tajlandu, vezana uz troškove pošumljivanja, bazirana su na profitabilnosti sadnje vrsta eukaliptus (*Eucalyptus camaldulensis*) i tik (*Tectona grandis*) te na šumsko-poljskoj sadnji gdje je uz navedene vrste drveća sađena i manioka (*Manihote sculenta*). Za financijsku analizu uzimali su se u obzir plaće neobrazovanih radnika koje su iznosile 94 THB/dan (~18,75 HRK/dan). Treba se uzeti u obzir kako su to bile plaće za tu godinu i pod pretpostavkom da su mogle biti i niže za zapošljavanje ljudi iz ruralnih područja. Cijene transporta kubnog metra drveta na lokalnim i nacionalnim cestama su procijenjene na oko 5,5 THB/km (~1,1 HRK/km) i 1,27 THB/km (~0,25 HRK/km) (Rafloski, 1993). Cijena koju privatne firme plaćaju vlasnicima zemljišta za iskorištavanje šuma (eng., *stumpage*) je 8000 THB/m³ (~1595,38 HRK/m³) (Niskanen i sur., 1993; Royal Forest Department, 1993) što je znatno manje od tržišne cijene visokokvalitetne tikovine (~2.000 – 20.000 THB/m³ ili ~2303,97 – 3988,45 HRK/m³) iako se smatra da je ta cijena i dalje relativno visoka za drveće uzgojeno na plantažama. Ostaci tikovine imaju tržišnu cijenu sličnu drvetu za ogrjev koja iznosi 200 THB/m³ (~39,88 HRK/m³) (Wannawong, 1989). Pilanska cijena

eukaliptusa se procjenjuje na oko 1080 THB/t (~215,38 HRK/t) koja je bila jednaka kombinaciji cijene eksploatacije i troškova transporta (Thailand Development Research institute, 1989; Niskanen i sur., 1993; Royal Forest Department, 1993). Prosječna cijena farmerski uzgojenih peleta manioke se procjenjuje na oko 2,2 THB/kg (~0,44 HRK/kg) (Ministry of Agriculture, 1993). Za cijene se smatralo da su slobodne od inflacije, konstantne i bez relativnih promjena, a iz istraživanja su, radi jednostavnosti, izbačeni i administrativni troškovi. Rezultati istraživanja ovoga rada govore o neisplativosti sadnje manioke između redova stabala. Pretpostavka je kako bolji izbor agrikulturalnih vrsta može bolje i povoljnije utjecati na rast i prihod drvenastih vrsta.

Cijene pošumljivanja u Libanonu (LRI, *A guide to reforestation best practices*, 2014) smatraju se daleko većima nego u drugim državama. Cijene se razlikuju u svim fazama pošumljivanja počevši od visoke cijene proizvodnje ili nabave sadnica pa do niske produktivnosti radnika. Također, tu se javlja i velika potreba za ograđivanjem koje može rezultirati velikim troškovima kao i sustav navodnjavanja te potrošnja vode koja je ranije spomenuta u ovome radu. U prosječnoj skali, pošumljivanje u Libanonu se procjenjuje na 10 \$ (~66,03 HRK) po sadnici dok na nekim lokalitetima koji se pošumljavaju ta cijena može skočiti i na 15 \$ (~99,05 HRK) po sadnici ako je uočena potreba za ograđivanjem i navodnjavanjem. Na područjima pošumljivanja pokrenutih od strane LRI cijena nakon dvije godine u koju je uključena i zamjena mrtvih sadnica i troškovi održavanja je bila između 5,5 \$ (~36,32 HRK) do 12,4 \$ (~81,88 HRK). Neka mjesta su imala i iznenađujuće visoke troškove od 17 \$ (~112,26 HRK). Cijene su izračunate po preživljenoj sadnici na kraju druge godine. LRI: *A guide to reforestation best practices* (2014) izdaje neke metode smanjenja troškova u pošumljivanju:

1. Povećanje kvalitete sadnica i metoda sadnje kako bi se povećalo preživljavanje istih te bi se istodobno smanjili troškovi zamijene sadnica koje nisu preživjele sadnju.
2. Smanjenje cijena sadnica uz suradnju s vlasnicima rasadnika kao što je nabava sredstava za uzgoj u velikim količinama ili smanjenje cijene nabave kroz opcije prednarudžbe.

3. Unaprjeđenje produktivnost radnika kroz stalne treninge i praksu na način prerade metode sadnje kojom bi se ograničila potreba za velikom pripremom staništa kao i nabava boljeg alata za sadnju.
4. U boljoj suradnji s lokalnim stanovništvom te regulacijom ispaše može se smanjiti potreba za korištenjem ograda.
5. Iako možda nije primjenjivo za sva mjesta pošumljivanja, potencijalno je moguće i smanjenje potrebe za navodnjavanjem kroz sadnju visokokvalitetnih sadnica, izborom pravog mjesta sadnje, sadnjom na početku kišne sezone uz korištenje pravilne tehnike sadnje i kontrole korova.
6. Izbjegavanje nepotrebnih troškova uz pomno planiranje temeljeno na prijašnjim iskustvima.

6.1. ANALIZA TROŠKOVA POŠUMLJIVANJA U REPUBLICI HRVATSKOJ

U Hrvatskoj su troškovi pošumljivanja svedeni na pripremu staništa, proizvodnju sadnica, transport sadnica kao i na samu sadnju. Kako je Hrvatska jako razvedena zemlja, troškovi pošumljivanja i pripreme staništa mogu jako varirati, pogotovo u teže pristupačnim područjima ili ako je u samom procesu pošumljivanja potreban poseban postupak koji zahtijeva dodatne troškove. Zbog svih tih razloga bitno je pomno odabrati mjesto i vrijeme sadnje prema gore navedenim postupcima u procesu pošumljivanja, a sam plan pošumljivanja mora biti obavljen stručno kako bi uspjeh pošumljivanja bio što veći. Dakle, kako je pošumljivanje proces koji zahtijeva mnoga ulaganja od kojih su velika većina financijske prirode, korisno je pregledati neke troškove koji su se dosad koristili u tim postupcima. Prema poslovnom izvještaju iz 2008. godine Hrvatske Šume su imale ulaganja od 653,5 milijuna kuna u biološku obnovu šuma. Od toga je ulaganje u pošumljivanje te rekonstrukciju i konverziju bilo uloženo 30,9 milijuna kuna. Vrijednosti ostvarenih radova biološke obnove šuma u 2016. godini iznosila je 390,9 milijuna kuna (Godišnji izvještaj Hrvatskih Šuma, 2016). Za radove biološke obnove šuma 1-9 iz čl. 28. Zakona o šumama utrošeno je 283,5 milijuna kuna, a najviše za njegu mladih sastojina 100 milijuna kuna. Za radove biološke obnove šuma 10-15 iz čl. 28. Zakona o šumama utrošeno je 98,6 milijuna kuna. Najznačajnija sredstva uložena su u zaštitu šuma, 36,1 milijuna kuna, pri čemu je prioritet dan zaštiti šuma od požara s uloženi 18,2 milijuna kuna. Najveći radovi obnove šuma (60,6%) bili su financirani iz osiguranih sredstava, dok je iz naknade za općekorisne funkcije šuma

uloženo 87,7 milijuna kuna što predstavlja 22,4% ukupno uložених sredstava. U Godišnjem izvještaju Hrvatskih šuma 2017. godine zapisano je kako je u biološku obnovu šuma uloženo 413,8 milijuna kuna od kojih su najvećim dijelom bila osigurana i izdvojena sredstva u vrijednosti od 369 milijuna kuna dok je naknada za općekorisne funkcije iznosila 80 milijuna kuna. Sami troškovi vezani uz postupke procesa pošumljivanja mogu se vidjeti u tablicama 4., 5. 6. i 7.

Tablica 4. Troškovi konverzije listačama na kršu sadnjom sadnica uz ograđivanje zaštitnom ogradom

Rad – tehnologija	Normativ	Rad/jed. mj./količina	Kn/ha	€/ha
Priprema staništa - ručno	15 rd/ha	Ručno + motorna pila	5.218,00	682,09
Priprema staništa – strojno	2.500 sd/ha	Buldozer/riperanje	8.125,00	1.062,09
Postavljanje zaštitne ograde	1 km/33.403	166 m/ha	5.544,00	724,71
Sadni materijal	Kontejnerska sadnica (2+0)	7.000 kom/ha (6,75 kn/kom)	47.250,00	6.176,47
Prijevoz	Kontejnerska sadnica (2+0)	Traktor + prikolica	2.112,00	2.830,07
Sadnja sadnog materijala	Kontejnerska sadnica (2+0)	7.000 kom/ha	21.650,00	2.830,07
Opći troškovi	10%	1	6.176,70	807,41
Trošak podizanja sastojine listača (sadnja sadnica) po hektaru			67.943,70	8.881,53

Tablica 5. Troškovi konverzije listačama na kršu sadnjom sadnica uz štitnike

Rad – tehnologija	Normativ	Rad/jed. mj./količina	Kn/ha	€/ha
Priprema staništa - ručno	15 rd/ha	Ručno + motorna pila	5218,00	682,09
Priprema staništa – strojno	2.500 sd/ha	Buldozer/riperanje	8125,00	1.062,09
Mehanički štitnici	1.500 kom/ha	1.500 kom/ha (10,5 kn/kom)	15.750,00	2.058,82
Kolci	1.500 kom/ha	1.500 kom/ha (6,75 kn/kom)	10.125,00	1.323,53
Sadni materijal	Sadnice (2+0)	1.500 kom/ha (6,75 kn/kom)	10.125,00	1.323,53
Prijevoz sadnog materijala	Sadnice (2+0)	Traktor + prikolica	2.112,00	276,08
Sadnja sadnog materijala s postavljanjem štitnika	Sadnice (2+0)	1.500 kom/ha	10.312,00	1.347,97
Opći troškovi	10%	1	8.989,90	1.175,15
Trošak podizanja sastojine listača (sadnja sadnica) po hektaru			98.888,90	12.926,65

Tablica 6. Troškovi konverzije četinjačama na kršu sadnjom sadnica uz ograđivanje zaštitnom ogradom

Rad – tehnologija	Normativ	Rad/jed. mj./količina	Kn/ha	€/ha
Priprema staništa - ručno	15 rd/ha	Ručno + motorna pila	5.218,00	682,09
Priprema staništa – strojno	2.500 sd/ha	Buldozer/riperanje	8.125,00	1.062,09
Postavljanje zaštitne ograde	1 km/33.403	166 m/ha	5.544,00	724,71
Sadni materijal	Kontejnerska sadnica (2+0)	1.500 kom/ha (6,75 kn/kom)	10.125,00	1.323,53
Prijevoz	Kontejnerska sadnica (2+0)	Traktor + prikolica	2.112,00	2.830,07
Sadnja sadnog materijala	Kontejnerska sadnica (2+0)	1.500 kom/ha	6.875,00	898,07
Opći troškovi	10%	1	3.799,90	596,72
Trošak podizanja sastojine četinjača (sadnja sadnica) po hektaru			41.798,90	5.463,91

Tablica 7. Troškovi konverzije četinjačama na kršu sadnjom sadnica uz štitnike

Rad – tehnologija	Normativ	Rad/jed. mj./količina	Kn/ha	€/ha
Priprema staništa - ručno	15 rd/ha	Ručno + motorna pila	5.218,00	682,09
Priprema staništa – strojno	2.500 sd/ha	Buldozer/riperanje	8.125,00	1.062,09
Mehanički štitnici	1.500 kom/ha	1.500 kom/ha (10,5 kn/kom)	15.750,00	2.058,82
Sadni materijal	Sadnice (2+0)	1.500 kom/ha (6,75 kn/kom)	10.125,00	1.323,53
Prijevoz sadnog materijala	Sadnice (2+0)	Traktor + prikolica	2.112,00	276,08
Sadnja sadnog materijala s postavljanjem štitnika	Sadnice (2+0)	1.500 kom/ha	9.625,00	1.258,17
Opći troškovi	10%	1	5.095	666,08
Trošak podizanja sastojine četinjača (sadnja sadnica) po hektaru			56.050,50	7.326,86

Pregledom tablica može se vidjeti fiksna cijena strojne pripreme staništa u vrijednosti od 8.125,00 kuna. Važno je znati kako je to minimalna cijena troškova strojne pripreme staništa jer u pogledu radova pošumljivanja koji se provode u Hrvatskoj ta cijena može dosezati čak do 20.000 kuna. Razlog tome je razvedenost reljefa u Hrvatskoj kao i povezanost i pristupačnost pošumljivanja na otocima. Dodatni transport strojeva na otoke i s otoka je uvelike povećao cijenu koštanja strojne izvedbe.

7. ZAKLJUČAK

Pošumljivanjem se omogućuje formiranje neke određene šumske kulture kojoj je glavna zadaća ispunjavanje jedne od funkcija šuma. Bila ona gospodarska, zaštitna ili općekorisna od velike je važnosti uspjeh pošumljivanja. Izbor mjesta pošumljivanja, obrada tla, proizvodnja kvalitetnih sadnica i sama sadnja postupci su bez kojih bi samo pošumljivanje bilo jako otežano pa i nemoguće. S obzirom da izdaci i troškovi koji se javljaju u samom procesu mogu biti vrlo visoki (i preko pola milijarde kuna) postavlja se pitanje za potrebu pošumljivanja. Razvojem tehnologija uspješno se smanjuju troškovi pošumljivanja kroz uporabu mehanizacije i smanjenjem radne snage. Mnoga istraživanja pokazuju kako pošumljivanje ima veliku ulogu u zaštitnoj funkciji gdje sama šuma utječe na zaštitu tla od erozije kao i utjecaj na klimatske promjene u smislu vezanja ugljika. Posljednje pitanje koje se postavlja je gospodarske prirode. S formiranjem šumskih kultura važno je dugoročno sagledavanje cijelog procesa u obliku financijske investicije. Uzgajanje šuma ne prestaje samom sadnjom sadnica i prepuštanju njihovom prirodnom razvoju. Jasna potreba za daljnjom njegom kroz šumskouzgojne zahvate čišćenja i prorijede se vidi u nagomilanoj biomasi i, što je još važnije, kroz povećane opasnosti od požara. Sam požar utječe na povrat vegetacije u sukcesijskom smislu što je suprotno od toga čemu šumarska struka teži. Formiranje šumske sastojine pošumljivanjem pionirskim vrstama zahtijeva jednu do dvije ophodnje, a na nekim težim staništima i više. Zbog toga je važno održavanje stabilnosti i vitalnosti sastojine kroz prorijede gdje i bitnu ulogu imaju i prohodi od same prorijede. Zapostavljanje pionirskih kultura nakon pošumljivanja u Hrvatskoj postaje veliki problem s obzirom da se govori o 24.000 ha šumske površine koje bivaju prepuštene prirodnom razvoju, a samim time im prijeti opasnost od požara koji utječe na njihov sukcesijski razvoj.

LITERATURA

1. Bahn M, Rodeghiero M, Anderson-Dunn M, Dore S, Gimeno C, Drösler M i sur. 2008: Soil respiration in European grasslands in relation to climate and assimilate supply. *Ecosystems*;11:1352–1367.
2. Barčić D, Rosavec R, Španjol Ž, Šušnjar M. 2012: The application of undermining in the reforestation of the Mediterranean karst area. *FORMEC*.
3. Cleary BD, Greaves, RD, Hermann RK. 1978: Regenerating Oregon's forests: a guide for the regeneration forester. Oregon State University Extension Service.
4. Dilustro JJ, Collins B, Duncan L, Crawford C. 2005: Moisture and soil texture effects on soil CO₂ efflux components in southeastern mixed pine forests. *Forest Ecology and Management*;204(1):87-97.
5. Gaumont-Guaya D, Black TA, Griffis TJ, Barr AG, Morgenstern K, Jassal RS, Nesic Z. 2006: Influence of temperature and drought on seasonal and interannual variations of soil, bole and ecosystem respiration in a boreal aspen stand. *Agricultural and Forest Meteorology*;140(1–4):203-219.
6. Godišnji izvještaj Hrvatskih Šuma, 2016.
7. Godišnji izvještaj Hrvatskih Šuma, 2017.
8. Hamza MA & Anderson WK. 2003: Responses of soil properties and grain yields to deep ripping and gypsum application in a compacted loamy sand soil contrasted with a sandy clay loam soil in Western Australia. *Australian Journal of Agricultural Research*;54(3):273 –282.
9. IPCC. Climate Change. 2001: The scientific basis. Contribution of working group I to the third assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge University Press, Cambridge.
10. Jarvis SC. 1984: The forms of occurrence of manganese in some acidic soils. *European journal of soil science*;35(3):421-429.
11. Jayawardene NS & Chan KY.1994: The management of soil physical properties limiting crop production in Australian sodic soils: A review, *Australian Journal of Soil Research*;32:13-44.
12. Jelić G, Topić V, Butorac L, Đurđević Z, Jazbec A, Oršanić M. 2014: Utjecaj veličine kontejnera i pripreme tla na uspjeh pošumljivanja jednogodišnjim sadnicama bora pinije (*Pinus pinea*) na sredozemnom području Republike Hrvatske. *Šumarski list.*;138(9-10):463-474.

13. Jia B, Zhou, G, Wang, Y, Wang, F, Wang, X. 2006: Effects of temperature and soil water-content on soil respiration of grazed and ungrazed *Leymus chinensis* steppes, Inner Mongolia. *Journal of Arid Environments*;67:60-76.
14. Kang S, Doh, S, Lee, D, Jin, VL, Kimball, J. 2003: Topographic and climatic controls on soil respiration in six temperate mixed-hardwood forest slopes, Korea. *Global Change Biology*;9:1427-1437.
15. Komlenović N. 1997: Primjena gnojiva s produljenim djelovanjem u proizvodnji sadnica primorskih borova. *Šumarski list*.;1-2:19-27.
16. Lebanon Deforestation Initiative (LRI) 2014: A guide to reforestation best practices.
17. Li HJ, Yan JX, Yue XF, Wang MB. 2008: Significance of soil temperature and moisture for soil respiration in a Chinese mountain area. *Agricultural and Forest Meteorology*;148:490-503.
18. Lloyd J, Taylor, JA.1994: On the temperature dependence of soil respiration. *Functional Ecology*;8,315-323.
19. Malagnoux M, Sène EH, Atzmon N. 2007: Forests, trees and water in arid lands: a delicate balance.;24-29.
20. Martinović, J. 2003: Gospodarenje šumskim tlama u Hrvatskoj. Šumarski institut, Jastrebarsko Zagreb, Hrvatske šume. Jastrebarsko.
21. Matić S, Anić I, Oršanić M. 1997: Podizanje, njega i obnova šuma kao temeljni preduvjet ekološkog, društvenog i gospodarskog napretka mediterana. *Šumarski list*;9-10:463-472.
22. Ministry of Agriculture. 1993: Agricultural Statistics of Thailand.; Bangkok, 266 pp.
23. Mitchell WK, Dunsworth G, Simpson DG, Vyse A. 1990: Seedling production and processing: container British Columbia's Forests. Vancouver, BC: University of British Columbia Press;235-253.
24. Niskanen A, Luukkanen O, Saastamoinen O, Bhumibhamon S. 1993: Evaluation of the profitability of fast-growing tropical trees: *Eucalyptus camaldulensis*, *Acacia mangium* and *Melia azedarach* as plantation tree crops in Thailand. *Acta Forestalia Fennica*; 241, 38.
25. Perez-Quezada JF, Bown HE, Fuentes JP, Alfaro FA, Franck N. 2012: Effects of afforestation on soil respiration in an arid shrubland in Chile. *Journal of Arid Enviroments*.;83:45-53.

26. Pičman D. 2007: Šumske prometnice, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu; 460 p.
27. Pinto JR, Marshall JD, Dumroese RK, Davis AS, Cobos DR. 2011: Establishment and growth of container seedlings for reforestation: A function of stocktype and edaphic conditions;261:1876-1884.
28. Piškorić O. 1960: Duglazija kao vrsta ekonomskih sastojina na degradiranom dijelu krša. Šumarski list;(11-12):383-392.
29. Policy Paper for development and improvement of low carbon policy papers, Country. 2014: CROATIA,
30. Poslovni izvještaj Hrvatskih šuma 2008.
31. Raich JW, Potter CS. 1995: Global patterns of carbon dioxide emissions from soils. *Global Biogeochemical Cycles* 9;23-36.
32. Raich JW, Schlesinger WH. 1992: The global carbon dioxide flux in soil respiration and its relationship to vegetation and climate. *Tellus*.;44:81-99.
33. Rafloski RE. 1993: Philippine rural infrastructure and options for reducing corn/livestock marketing and distributional costs: international comparative perspective. *Agribusiness System Assistance Program*, Manila, Philippines ;34 pp.
34. Royal Forest Department. 1993: Thai Forestry Sector Master Plan: Agroforestry and Farming Systems. Working document. Royal Forest Department, Bangkok;132 pp.
35. Sadras V, McDonald G. 2012: Water use efficiency of grain crops in Australia: principles, benchmarks and management. Australian Government, Grains research and deveopment corporation.
36. Saiz G, Byrne, KA, Butterbach-Bahl K, Kiese R, Blujdeas V, Farrell EP. 2006: Stand age-related effects on soil respiration in a first rotation Sitka spruce chronosequence in central Ireland. *Global Change Biology*;12: 1007-1020.
37. Schlesinger WH, Andrews JA. 2000: Soil respiration and the global carbon cycle. *Biogeochemistry*;48: 7-20.
38. Spoor G, Godwin RJ. 1978: An experimental investigation into the deep loosening of soil by rigid tines. *Journal of agricultural engineering research*;23(3):243-258.
39. Thailand Development Research Institute TDRI. 1989: Potential of commercial fast-growing tree plantations in thailand. Bangkok;149 pp.

40. Topić V. 1990: Prirast nekih vrsta četinjača na submediteranskom krškom području Dalmacije. Šumarski list;(11-12):441-450.
41. Topić V, Butorac L, Đurđević Z, Kekelić B, Jelić G. 2009: Utjecaj tipa kontejnera na rast i razvoj sadnica običnog čempresa (*Cupressus sempervirens* var. *pyramidalis* Nyman) u rasadniku i šumskoj kulturi. Šumarski list;(3-4):121-134.
42. Tskaladimi M, Ganatsas P, Jacobs DF. 2012: Prediction of planted seedling survival of five Mediterranean species based on initial seedling morphology. New Forests;44:327-339.
43. Wannawong, S. 1989: Benefit-cost analysis of selected agroforestry and monocropping systems in Northeastern Thailand. MSc Thesis.; 53 pp.
44. www.hrsume.hr/index.php/hr/rasadnik-piket-doo